

Bibliographic Information

Aqueous dispersions of ethylene polymers, their use and their production by emulsion polymerization using metal complexes. Kristen, Marc Oliver; Manders, Lambertus; Mecking, Stefan; Bauers, Florian M.; Muelhaupt, Rolf. (BASF Aktiengesellschaft, Germany). PCT Int. Appl. (2001), 55 pp. CODEN: PIXXD2 WO 2001044325 A1 20010621 Designated States W: JP, US. Designated States RW: AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE. Patent written in German. Application: WO 2000-EP10244 20001018. Priority: DE 99-19961340 19991217. CAN 135:46655 AN 2001:453140 CAPLUS (Copyright 2004 ACS on SciFinder (R))

Patent Family Information

<u>Patent No.</u>	<u>Kind</u>	<u>Date</u>	<u>Application No.</u>	<u>Date</u>
WO 2001044325	A1	20010621	WO 2000-EP10244	20001018
	W: JP, US			
	RW: AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE			
DE 19961340	A1	20010719	DE 1999-19961340	19991217
EP 1240215	A1	20020918	EP 2000-993408	20001018
	R: AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IT, LI, LU, NL, SE, MC, PT, IE, FI, CY			
JP 2003517062	T2	20030520	JP 2001-544812	20001018

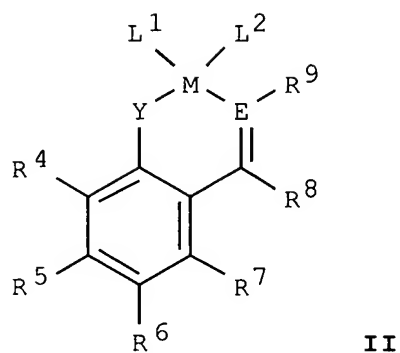
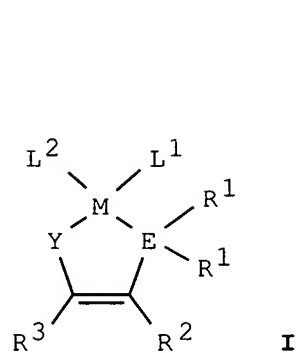
Priority Application

DE 1999-19961340	A	19991217
WO 2000-EP10244	W	20001018

Abstract

Olefins such as ethylene are subjected to aq. emulsion polymn. by reaction with at least one complex of the general formula I or II (M = transition metal of Groups 7 to 10 in the periodic table of elements, preferably Ni; L1 = phosphine, amine, ether, alc., water, pyridine, CO, nitrile, ethylenically unsatd. double bond system; L2 = dione, amine, org. anion; L1L2 may be joined to form a ring; E = N, P, As, Sb; Y = O, S, imino, phosphino; R1 to R3 and optionally one radical of R4 to R9 contain a hydrophilic group selected from SO₃⁻, OPO₃²⁻, substituted amino, or -(OCH₂CH₂)_nOH, whereby n represents a whole no. between 1 and 15). An activator, for example olefin complexes of rhodium or nickel, may also be used in addn. to an optional emulsifier. The catalysts are surprisingly amenable to emulsion polymn. processes at 25-70°. Examples were given for the prodn. of polyethylene and ethylene-norbornene copolymer.

THIS PAGE BLANK (USPTO)



THIS PAGE BLANK (USPTO)



19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENT- UND
MARKENAMT

12 Off nlegungsschrift
10 DE 199 61 340 A 1

51 Int. Cl. 7:
C 08 F 4/42
C 08 F 4/60
C 08 F 10/00

21 Aktenzeichen: 199 61 340.0
22 Anmeldetag: 17. 12. 1999
43 Offenlegungstag: 19. 7. 2001

DE 199 61 340 A 1

71 Anmelder:
BASF AG, 67063 Ludwigshafen, DE

74 Vertreter:
Patentanwälte Ruff, Wilhelm, Beier, Dauster &
Partner, 70174 Stuttgart

72 Erfinder:
Kristen, Marc Oliver, Dr., 67117 Limburgerhof, DE;
Manders, Lambertus, Dr., 67069 Ludwigshafen, DE;
Mecking, Stefan, Dr., 79110 Freiburg, DE; Bauers,
Florian M., 79104 Freiburg, DE

56 Entgegenhaltungen:
US 47 16 205 A
WO 98 42 664 A1
U. Klabunde, R. Mülhaupt, T. Herskovitz,
A.H. Janowicz, J. Calabrese, S.D. Ittel, J. Poly.
Sci. Part A 1987, 25, 1989-2003;

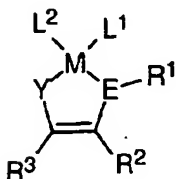
Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

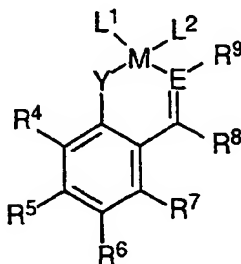
54 Verfahren zur Emulsionspolymerisation von Olefinen

57 Verfahren zur Emulsionspolymerisation von einem
oder mehreren Olefinen durch Umsetzung mit minde-
stens einer Komplexverbindung der allgemeinen Formel
Ia oder b,

und Ethylencopolymerisaten in Wasser, die Verwendung
der erfindungsgemäßen wässrigen Dispersionen für Pa-
pieranwendungen wie Papierstreicherei oder Oberflä-
chenleimung, Anstrichlacke, Klebstoffe, Formschäu-
me wie beispielsweise Matratzen, Textil- und Lederappli-
kationen, Teppichrückenbeschichtungen oder pharma-
zeutischen Zubereitungen.



Ia



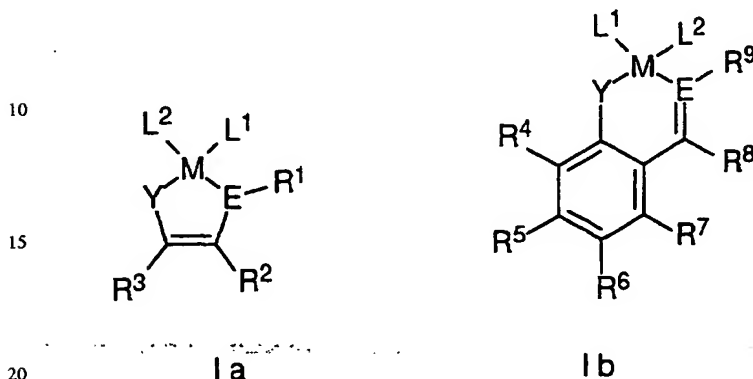
Ib

wobei ein M ein Übergangsmetall der Gruppen 7 bis 10
des Periodensystems der Elemente und bevorzugt Ni ist,
in wässriger Dispersion und mindestens ein Rest R¹ bis R³
und optional ein Rest R⁴ bis R⁹ eine hydrophile Gruppe X
enthält, wobei ausgewählt wird aus -SO₃⁻, -O-PO₃²⁻,
NH(R¹⁵)₂⁺, N(R¹⁵)₃⁺ oder -(OCH₂CH₂)_nOH, wobei n eine
ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeutet. Für das erfin-
dungsgemäße Verfahren wird optional ein Aktivator wie
beispielsweise Olefinkomplexe des Rhodiums oder Nik-
kels eingesetzt. Weiterhin betrifft diese Erfindung Disper-
sionen von Polyolefinen wie beispielsweise Polyethylen

DE 199 61 340 A 1

Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Emulsionspolymerisation von einem oder mehreren Olefinen durch Umsetzung der Olefine mit einer Komplexverbindung der allgemeinen Formel Ia oder Ib oder einem Gemisch der Komplexverbindungen Ia und Ib,



wobei die Reste wie folgt definiert sind:

M ein Übergangsmetall der Gruppen 7 bis 10 des Periodensystems der Elemente;

L^1 Phosphane $(R^{16})_xPH_{3-x}$ oder Amine $(R^{16})_xNH_{3-x}$ mit gleichen oder verschiedenen Resten R^{16} , Ether $(R^{16})_2O$, H_2O ,

Alkoholen $(R^{16})OH$, Pyridin, Pyridinderivate der Formel $C_5H_{5-x}(R^{16})_xN$, CO, C_1 - C_{12} -Alkylnitrile, C_6 - C_{14} -Arylnitrile oder ethylenisch ungesättigten Doppelbindungssystemen, wobei x eine ganze Zahl von 0 bis 3 bedeutet,

L^2 Halogenidionen, R_xNH_{3-x} , wobei x eine ganze Zahl von 0 bis 3 bedeutet, und weiterhin C_1 - C_6 -Alkylanionen, Allylanionen, Benzylanionen oder Arylanionen, wobei L^1 und L^2 miteinander durch eine oder mehrere kovalente Bindungen verknüpft sein können,

E Stickstoff, Phosphor, Arsen oder Antimon,

X $-SO_3^-$, $-O-PO_3^{2-}$, $NH(R^{15})_2^+$, $N(R^{15})_3^+$ oder $-(OCH_2CH_2)_nOH$,

n eine ganze Zahl von 0 bis 15,

Y Sauerstoff, Schwefel, $N-R^{10}$ oder $P-R^{10}$, R^1 Wasserstoff, C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,

R_2 und R_3 Wasserstoff,

hydrophile Gruppen X,

C_1 - C_{12} -Alkyl, wobei die Alkylgruppen verzweigt oder unverzweigt sein können,

C_1 - C_{12} -Alkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_7 - C_{13} -Aralkyl,

C_3 - C_{12} -Cycloalkyl, C_3 - C_{12} -Cycloalkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_6 - C_{14} -Aryl,

C_6 - C_{14} -Aryl, gleich oder verschieden substituiert durch eine oder mehrere C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, ein- oder mehrfach halogenierte C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen, Silyloxygruppen $OSiR^{10}R^{11}R^{12}$, Aminogruppen $NR^{13}R^{14}$ oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen,

Silyloxygruppen $OSiR^{10}R^{11}R^{12}$,

Halogene

oder Aminogruppen $NR^{13}R^{14}$,

wobei die Reste R^2 und R^3 miteinander einen gesättigten oder ungesättigten 5- bis 8-gliedrigen Ring bilden können,

und wobei

mindestens ein Rest R^1 , R^2 oder R^3 eine hydrophile Gruppe X trägt;

R^4 bis R^7 Wasserstoff,

hydrophile Gruppen X,

C_1 - C_{12} -Alkyl, wobei die Alkylgruppen verzweigt oder unverzweigt sein können,

C_1 - C_{12} -Alkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_7 - C_{13} -Aralkyl,

C_3 - C_{12} -Cycloalkyl,

C_3 - C_{12} -Cycloalkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_6 - C_{14} -Aryl,

C_6 - C_{14} -Aryl, gleich oder verschieden substituiert durch eine oder mehrere C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, ein- oder mehrfach halogenierte C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen, Silyloxygruppen $OSiR^{10}R^{11}R^{12}$, Aminogruppen $NR^{13}R^{14}$ oder C_1 - C_{12} -Thioethergruppen,

C_1 - C_{12} -Alkoxygruppen,

Silyloxygruppen $OSiR^{10}R^{11}R^{12}$,

Halogene,
 NO_2 -Gruppen
 oder Aminogruppen $\text{NR}^{13}\text{R}^{14}$,
 wobei jeweils zwei benachbarte Reste R^4 bis R^7 miteinander einen gesättigten oder ungesättigten 5-8-gliedrigen Ring bilden können, 5
 R^8 und R^9 Wasserstoff, C_1 - C_6 -Alkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylgruppen und C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,
 R^{10} bis R^{15} Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkylgruppen, die ihrerseits mit $\text{O}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) oder $\text{N}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) $_2$ -Gruppen substituiert sein können, C_3 - C_{12} -Cycloalkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und C_6 - C_{14} -Arylgruppen;
 R^{16} Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkylgruppen, die ihrerseits mit $\text{O}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) oder $\text{N}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) $_2$ -Gruppen substituiert sein können, 10
 C_3 - C_{12} -Cycloalkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und
 C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,
 in Wasser oder in einem Lösemittelgemisch, das mindestens 50 Vol.-% Wasser enthält, optional in Gegenwart eines Aktivators und eines Emulgators. 15

Die Verbindungen Ia und Ib werden in einem Verhältnis von 0 : 100 bis 100 : 0 mol-% eingesetzt. Für das erfindungsgemäße Verfahren wird optional ein Aktivator wie beispielsweise Olefinkomplexe des Rhodiums oder Nickels eingesetzt. Weiterhin betrifft diese Erfindung Dispersionen von Polyolefinen wie beispielsweise Polyethylen und Ethylen-copolymerisaten in Wasser, die Verwendung der erfindungsgemäßen wässrigen Dispersionen für Papieranwendungen wie Papierstreicherei oder Oberflächenleimung, Anstrichlacke, Klebstoffe, Formschäume wie beispielsweise Matratzen, Textil- und Lederapplikationen, Teppichrückenbeschichtungen oder pharmazeutischen Anwendungen. 20

Wässrige Dispersionen von Polymeren werden in zahlreichen sehr unterschiedlichen Anwendungen kommerziell verwendet. Zu nennen sind beispielsweise Papieranwendungen (Streicherei und Oberflächenleimung), Rohstoffe für Anstrich und Lacke, Klebstoffe (u. a. Haftklebstoffe), Textil- und Lederapplikationen, in der Bauchemie, Formschäume (Matratzen, Teppichrückenbeschichtungen) sowie für medizinische und pharmazeutische Produkte, beispielsweise als Bindemittel für Präparate. Eine Zusammenfassung findet sich in D. Distler (Herausgeber) "Wässrige Polymerdispersionen", Wiley-VCH Verlag, 1. Auflage, 1999. 25

Bisher war es schwierig, wässrige Dispersionen von Polyolefinen herzustellen. Es wäre aber wünschenswert, derartige wässrige Dispersionen von Polyolefinen bereitstellen zu können, weil die Monomere wie Ethylen oder Propylen unter wirtschaftlichen Aspekten sehr vorteilhaft sind. 30

Die gängigen Verfahren zur Herstellung derartiger wässriger Dispersionen aus den entsprechenden Olefinen bedienen sich entweder der radikalischen Hochdruckpolymerisation oder aber der Herstellung von Sekundärdispersionen. Diese Verfahren sind mit Nachteilen behaftet. Die radikalischen Polymerisationsverfahren erfordern extrem hohe Drücke, sie sind in technischem Maßstab auf Ethylen und Ethylen-copolymerisate beschränkt, und die erforderlichen Apparaturen sind sehr teuer in Anschaffung und Wartung (F. Rodriguez, Principles of Polymer Systems, 2. Auflage, McGraw-Hill, Singapur 1983, S. 384). Eine andere Möglichkeit besteht darin, zunächst Ethylen in einem beliebigen Verfahren zu polymerisieren und anschließend eine Sekundärdispersion herzustellen, wie in US 5,574,091 beschrieben. Diese Methode ist ein Mehrstufenverfahren und somit sehr aufwendig. 35

Es ist deshalb wünschenswert, 1-Olefine wie Ethylen oder Propylen unter den Bedingungen der Emulsionspolymerisation zu polymerisieren und die geforderte Dispersion in einem Schritt aus dem entsprechenden Monomer herzustellen. Außerdem haben Emulsionspolymerisationsverfahren ganz allgemein den Vorteil, dass sie Polymere mit hohen Molmassen liefern, wobei die Wärmeabfuhr verfahrensbedingt gut im Griff ist. Schließlich sind Reaktionen in wässrigen Systemen ganz allgemein deshalb interessant, weil Wasser ein billiges und umweltfreundliches Lösemittel ist. 40

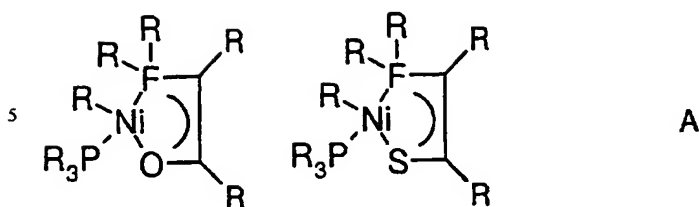
Gerade aber für die Polymerisation von 2-Olefinen wie Ethylen oder Propylen ist noch kein befriedigendes Verfahren gefunden worden. Das Problem liegt im Allgemeinen im für die Polymerisation dieser Monomeren erforderlichen Katalysator. 45

Mit elektrophilen Übergangsmetallverbindungen wie TiCl_4 (Ziegler-Natta-Katalysator) oder Metallocenen lassen sich Olefine polymerisieren, wie beispielsweise von H.-H. Brintzinger et al. in angew. Chem. 1995, 107, 1255, Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1995, 34, 1143 beschrieben wird. Jedoch sind sowohl TiCl_4 als auch Metallocene feuchtigkeitsempfindlich und eignen sich daher wenig zur Herstellung von Polyolefinen in der Emulsionspolymerisation. Auch die als Cokatalysatoren verwendeten Aluminiumalkyle sind feuchtigkeitsempfindlich, so dass Wasser als Katalysatorgift sorgfältig ausgeschlossen werden muss. 50

Es gibt nur wenig Berichte über Übergangsmetall-katalysierte Reaktionen von Ethylen in wässrigem Milieu. So berichten L. Wang et al. in J. Am. Chem. Soc. 1993, 115, 6999 über eine Rhodium-katalysierte Polymerisation. Die Aktivität ist mit rund einer Insertion/Stunde für technische Anwendungen jedoch viel zu gering. 55

Die Umsetzung von Ethylen mit Nickel-P,O-Chelatkomplexen erscheint wesentlich vielversprechender, wie sie in den US-Schriften US 3,635,937, US 3,637,636, US 3,661,803 und US 3,686,159 beschrieben wird. Über die polymeranalytischen Daten wird nichts berichtet. Auch ist die berichtete Aktivität für technische Anwendungen immer noch zu gering. 60

In EP-A 0 046 332 und EP-A 0 046 328 wird über die Umsetzung von Ethylen mit Ni-Chelat-Komplexen der allgemeinen Formel A berichtet

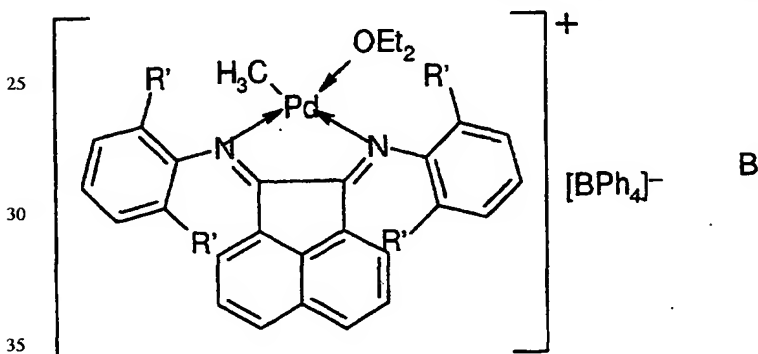


10 wobei unter R gleiche oder verschiedene organische Substituenten verstanden werden, von denen einer eine Sulfonylgruppe trägt, und F Phosphor, Arsen oder Stickstoff bedeutet. Unter den gewählten Reaktionsbedingungen in Lösemit-
 15 teln wie Methanol oder Gemischen aus Methanol und einem Kohlenwasserstoff wurden nur Oligomere erhalten, die für die oben genannten Anwendungen ungeeignet sind. Der Vorteil der sulfonierten Derivate gegenüber nicht sulfonierten Verbindungen, wie sie von W. Keim et al. in Angew. Chem. 1978, 90, 493; Angew. Chem., Int. Ed. Engl. 1978, 6, 466,
 beschrieben werden, lag in ihrer höheren Aktivität.

In US 4,698,403 (Spalte 7, Zeile 13–18) und in US 4,716,205 (Spalte 6, Zeile 59–64) wird gezeigt, dass ein Über-
 schuss an Wasser gegenüber zweizähligen Ni-Chelatkomplexen als Katalysatorgift wirkt, auch wenn sie eine SO₃-
 Gruppe tragen.

20 Aus den oben zitierten Dokumenten ist ersichtlich, dass zahlreiche Ni-Komplexe in der Gegenwart von Wasser nicht polymerisationsaktiv sind.

Andererseits ist aus WO 97/17380 bekannt, dass Palladium-Verbindungen der Formel B,

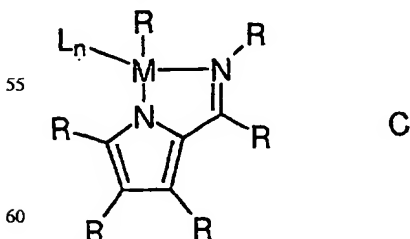


Et = C₂H₅, Ph = Phenyl

40 in denen R' beispielsweise für Isopropylgruppen steht, oder die analogen Nickelverbindungen höhere Olefine wie 1-Octen in wässriger Umgebung polymerisieren können. Optional kann ein Emulgator hinzugefügt werden, um die Polyme-
 risation zu erleichtern. Allerdings wird darauf hingewiesen, dass die Temperatur von 40°C nicht überschritten werden
 sollte, weil andernfalls der Katalysator deaktiviert wird (S. 25, Zeile 5 ff). Höhere Reaktionstemperaturen sind aber im
 Allgemeinen wünschenswert, weil dadurch die Aktivität eines Katalysatorsystems erhöht werden kann.

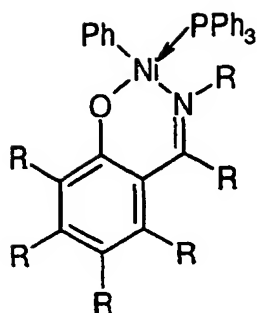
45 Nachteilig an Katalysatorsystemen der allgemeinen Formel B ist weiterhin, dass mit Ethylen im Allgemeinen hoch-
 verzweigte Polymerisate gebildet werden (L. K. Johnson J. Am. Chem. Soc. 1995, 117, 6414; C. Killian, J. Arn. Chem.
 Soc. 1996, 118, 11664), die bisher technisch weniger von Bedeutung sind, und mit höheren α-Olefinen (L. T. Nelson
 Polymer Preprints 1997, 38, 233) sogenanntes "chain running" der aktiven Komplexe beobachtet werden muss. Das
 "chain running" führt zu einer großen Anzahl von 1,ω-Fehlinserktionen, und dadurch werden im Allgemeinen amorphe
 50 Polymerisate erzeugt, die sich nur wenig als Werkstoffe eignen.

Weiterhin ist bekannt, dass Komplexe der allgemeinen Formel C



(WO 98/42665) mit M = Ni oder Pd und n Neutralliganden L in Anwesenheit geringer Mengen von Wasser polymerisa-
 tionsaktiv sind, ohne dass die katalytische Aktivität Einbußen erleidet (S. 16, Zeile 13). Diese Wassermengen dürfen je-
 doch 100 Äquivalente, bezogen auf den Komplex, nicht überschreiten (Seite 16, Zeile 30–31). Unter diesen Bedingun-
 65 gen kann jedoch keine Emulsionspolymerisation durchgeführt werden.

Weiterhin ist bekannt, dass auch Komplexe der allgemeinen Formel D



D

Ph = Phenyl

mit gleichen oder verschiedenen Resten R in der Lage sind, in Anwesenheit von geringen Mengen Wasser Ethylen zu polymerisieren (WO 98/42664, insbesondere Seite 17, Zeile 14 ff). Diese Wassermengen dürfen jedoch 100 Äquivalente, bezogen auf den Komplex, nicht überschreiten (Seite 17, Zeile 33-35). Unter diesen Bedingungen kann jedoch keine Emulsionspolymerisation durchgeführt werden.

Es bestand deshalb die Aufgabe, ein Verfahren bereitzustellen, welches

- Olefinen in Anwesenheit von großen Mengen Wasser zu Polyolefinen polymerisiert,
- dabei möglichst Werkstoffe mit wenig Verzweigungen und mit hohen Molekulargewichten liefert, und
- erlaubt, diese Reaktion unter technisch vernünftigen Bedingungen durchzuführen.

Weiterhin bestand die Aufgabe, mit dem erfindungsgemäßen Verfahren

- wässrige Polyolefin-Dispersionen herzustellen und
- diese Polyolefin-Dispersionen für Papieranwendungen (Streicherei und Oberflächenleimung), Rohstoffe für Anstrich und Lacke, Klebstoffe (u. a. Haftklebstoffe), Textil- und Lederapplikationen, in der Bauchemie, Formschäume (Matratzen, Teppichrückenbeschichtungen) sowie für medizinische und pharmazeutische Produkte zu verwenden.

Es wurde nun gefunden, dass sich Komplexsysteme, enthaltend mindestens eine Verbindung der allgemeinen Formel Ia oder Ib, hervorragend dazu eignen, eines oder mehrere Olefine in Emulsionspolymerisationsverfahren zu polymerisieren.

Als geeignete 1-Olefine zur Polymerisation seien genannt:

Ethylen, Propylen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, 1-Decen und 1-Eicosen, aber auch verzweigte Olefine wie 4-Methyl-1-Penten, Vinylcyclohexen und Vinylcyclohexan sowie Styrol, para-Methylstyrol und para-Vinylpyridin, wobei Ethylen und Propylen bevorzugt sind. Besonders bevorzugt ist Ethylen.

Auch die Copolymerisation zweier 1-Olefine gelingt mit dem erfindungsgemäßen Verfahren, wobei das Comonomer aus folgenden Gruppen gewählt werden kann:

- 1-Olefine wie Ethylen, Propylen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, 2-Decen und 1-Eicosen, aber auch verzweigte Olefine wie 4-Methyl-1-Penten, Vinylcyclohexen und Vinylcyclohexan sowie Styrol, para-Methylstyrol und para-Vinylpyridin, wobei Propylen, 1-Buten, 1-Penten, 1-Hexen, 1-Hepten, 1-Octen, 1-Decen bevorzugt sind;
- polare Monomere wie Acrylsäure, Acrylsäure-C₁-C₈-alkylester, 2-Hydroxyethylacrylat, 3-Hydroxypropylacrylat, 4-Hydroxybutylacrylat, Methacrylsäure, Methacrylsäure-C₁-C₈-alkylester, C₁-C₈-Alkyl-Vinylether und Vinylacetat; bevorzugt sind Acrylsäure, Acrylsäuremethylester, Acrylsäureethylester, Acrylsäure-n-butylester, 2-Ethylhexylacrylat, 2-Hydroxyethylacrylat, Methylmethacrylat, Ethylmethacrylat, n-Butylmethacrylat, Ethylvinylether und Vinylacetat.

Dabei lässt sich das Verhältnis der beiden Monomere frei wählen. Bevorzugt ist aber, dass das Comonomer in Anteilen von 0,1 bis 20 mol-%, bezogen auf das Hauptmonomer, eingesetzt wird.

In den Komplexverbindungen der allgemeinen Formel Ia und Ib sind die Reste wie folgt definiert:

M ist ein Übergangsmetall der Gruppen 7 bis 10 des Periodensystems der Elemente, vorzugsweise Mangan, Eisen, Kobalt, Nickel oder Palladium und besonders bevorzugt Nickel.

L¹ wird gewählt aus Phosphanen der Formel (R¹⁶)_xPH_{3-x} oder Aminen der Formel (R¹⁶)_xNH_{3-x}, x eine ganze Zahl zwischen 0 und 3 bedeutet. Aber auch Ether (R¹⁶)₂O wie Diethylether oder Tetrahydrofuran, H₂O, Alkohole (R¹⁶)OH wie Methanol oder Ethanol, Pyridin, Pyridinderivate der Formel C₅H_{5-x}(R¹⁶)_xN, wie beispielsweise 2-Picolin, 3-Picolin, 4-Picolin, 2,3-Lutidin, 2,4-Lutidin, 2,5-Lutidin, 2,6-Lutidin oder 3,5-Lutidin, CO, C₁-C₁₂-Alkylnitrile oder C₆-C₁₄-Arylnitrile sind geeignet, wie Acetonitril, Propionitril, Butyronitril oder Benzonitril. Weiterhin können einfach oder mehrfach ethylenisch ungesättigte Doppelbindungssysteme als Ligand dienen, wie Ethenyl, Propenyl, cis-2-Butenyl, trans-2-Butenyl, Cyclohexenyl oder Norbornenyl.

L² wird ausgewählt aus

- Halogenidionen wie Fluorid, Chlorid, Bromid, oder Iodid, bevorzugt sind Chlorid und Bromid,
- Amine (R¹⁶)_xNH_{3-x}, wobei x eine ganze Zahl zwischen 0 und 3 bedeutet,

- C₁-C₆-Alkylanionen wie Me⁻, (C₂H₅)⁻, (C₃H₇)⁻, (n-C₄H₉)⁻, (tert.-C₄H₉)⁻ oder (C₆H₁₃)⁻;
- Allylanionen oder Methallylanionen,
- Benzylanionen oder
- Arylanionen wie (C₆H₅)⁻.

5

In einer besonderen Ausführungsform sind L¹ und L² miteinander durch eine oder mehrere kovalente Bindungen verknüpft. Beispiele für solche Liganden sind 1,5-Cyclooctadienyl-Liganden ("COD"), 1,6-Cyclodecenyl-Liganden oder 1,5,9-all-trans-Cyclododecatrienyl-Liganden.

10 In einer weiteren besonderen Ausführung ist L¹ Tetramethylethylendiamin, wobei nur ein Stickstoff mit dem Nickel koordiniert.

E bedeutet Stickstoff, Phosphor, Arsen oder Antimon, wobei Stickstoff und Phosphor bevorzugt sind.

X ausgewählt wird aus -SO₃⁻, -O-PO₃²⁻, NH(R¹⁵)₂⁺, N(R¹⁵)₃⁺ oder -(OCH₂CH₂)_nOH, wobei n eine ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeutet, bevorzugt von 2 bis 10 und besonders bevorzugt von 3 bis 8.

Y bedeutet Sauerstoff, Schwefel, N-R¹⁰ oder P-R¹⁰, wobei Sauerstoff und Schwefel bevorzugt sind;

15 R¹ ausgewählt wird aus

- Wasserstoff,
- C₁-C₁₂-Alkylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X; Beispiele für unsubstituierte C₁-C₁₂-Alkylgruppen sind Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Heptyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C₁-C₆-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl.

25 Beispiele für die mit einer hydrophilen Gruppe X substituierten C₁-C₁₂-Alkylgruppen sind CH₂-SO₃⁻, CH₂-CH₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₀-SO₃⁻, -(CH₂)₁₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₆-SO₃⁻, -(CH₂)₁₈-SO₃⁻, -CH₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₀-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₆-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₈-NMe₃⁺, CH₂-O-CH₂-CH₂-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₂-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₃-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₄-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₅-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₆-OH, oder CH₂-O-(CH₂-CH₂)₈-OH;

30 - C₇-C₁₃-Aralkyl, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X, Beispiele für unsubstituierte Aralkylgruppen sind C₇- bis C₁₂-Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 1-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (1-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenylbutyl, 3-Phenyl-butyl und 4-Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl; bevorzugte Beispiele für die mit einer hydrophilen Gruppe X substituierten Aralkylreste sind meta-Benzylsulfonat, para-Benzylsulfonat, ortho-HO(CH₂CH₂)_n-O-Benzyl, meta-HO(CH₂CH₂)_n-O-Benzyl und para-HO(CH₂CH₂)_n-O-Benzyl, wobei n eine ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeutet, bevorzugt von 2 bis 10 und besonders bevorzugt von 3 bis 8.

35 - C₆-C₁₄-Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X. Beispiele für unsubstituierte C₆-C₁₄-Arylgruppen sind Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt Phenyl. Beispiele für mit hydrophilen Gruppen X substituierte C₆-C₁₄-Arylgruppen sind meta-Benzosulfonat, ortho-Benzosulfonat, para-Benzosulfonat, α-(4-Naphthosulfonat), β-(4-Naphthosulfonat), ortho-HO(CH₂CH₂)_n-O-Phenyl, meta-HO(CH₂CH₂)_n-O-Phenyl und para-HO(CH₂CH₂)_n-O-Phenyl, wobei n eine ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeutet, bevorzugt von 2 bis 10 und besonders bevorzugt von 3 bis 8.

45 R² und R³ bedeuten:

- Wasserstoff,
- hydrophile Gruppen X,
- C₁-C₁₂-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Heptyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C₁-C₆-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl,
- C₁-C₁₂-Alkylgruppen, die ihrerseits mit einer hydrophilen Gruppe X substituiert sind; beispielsweise CH₂-CH₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₀-SO₃⁻, -(CH₂)₁₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₆-SO₃⁻, -(CH₂)₁₈-SO₃⁻, -CH₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₀-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₆-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₈-NMe₃⁺, CH₂-(O-CH₂-CH₂)₂-OH, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₃-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₄-OH, -O-(CH₂-CH₂)₅-OH, CH₂-O-(CH₂-CH₂)₆-OH oder CH₂-O-(CH₂-CH₂)₈-OH
- C₁-C₁₂-Alkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch Halogene, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen, wobei diese Gruppen wie oben definiert sind;
- C₇-C₁₃-Aralkyl, bevorzugt C₇- bis C₁₂-Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 1-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (1-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenylbutyl, 3-Phenyl-butyl und 4-Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl,
- C₃-C₁₂-Cycloalkyl wie Cyclopropyl, Cyclobutyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Cyclooctyl, Cyclononyl, Cyclodecyl, Cycloundecyl und Cyclododecyl; bevorzugt sind Cyclopentyl, Cyclohexyl und Cycloheptyl;
- unter den substituierten Cycloalkylgruppen seien beispielhaft genannt: 2-Methylcyclopentyl, 3-Methylcyclopentyl, cis-2,4-Dimethylcyclopentyl, trans-2,4-Dimethylcyclopentyl, 2,2,4,4-Tetramethylcyclopentyl, 2-Methylcyclohexyl, 3-Methylcyclohexyl, 4-Methylcyclohexyl, cis-2,5-Dimethylcyclohexyl, trans-2,5-Dimethylcyclohexyl,

2,2,5,5-Tetramethylcyclohexyl, 2-Methoxycyclopentyl, 2-Methoxycyclohexyl, 3-Methoxycyclopentyl, 3-Methoxycyclohexyl, 2-Chlorcyclopentyl, 3-Chlorcyclopentyl, 2,4-Dichlorcyclopentyl, 2,2,4,4-Tetrachlorcyclopentyl, 2-Chlorcyclohexyl, 3-Chlorcyclohexyl, 4-Chlorcyclohexyl, 2,5-Dichlorcyclohexyl, 2,2,5,5-Tetrachlorcyclohexyl, 2-Thiomethylcyclopentyl, 2-Thiomethylcyclohexyl, 3-Thiomethylcyclopentyl, 3-Thiomethylcyclohexyl und weitere Derivate;

– C₆-C₁₄-Aryl, beispielsweise Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt Phenyl;

– C₆-C₁₄-Aryl wie Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, substituiert durch eine oder mehrere

– C₁-C₁₂-Alkylgruppen, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Heptyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C₁-C₆-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl;

– C₁-C₁₂-Alkylgruppen, die ihrerseits mit einer hydrophilen Gruppe X substituiert sind; beispielsweise -CH₂-CH₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₀-SO₃⁻, -(CH₂)₁₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₆-SO₃⁻, -(CH₂)₁₈-SO₃⁻, -CH₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₀-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₆-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₈-NMe₃⁺, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₂-OH, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₃-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₄-OH, -O-(CH₂-CH₂)₅-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₆-OH oder -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₈-OH;

– Halogene, wie Fluor, Chlor, Brom und Jod, wobei Chlor und Brom bevorzugt sind,

– ein- oder mehrfach halogenierte C₁-C₁₂-Alkylgruppen wie Fluormethyl, Difluormethyl, Trifluormethyl, Chlormethyl, Dichlormethyl, Trichlormethyl, Brommethyl, Dibrommethyl, Tribrommethyl, Pentafluorethyl, Perfluorpropyl und Perfluorbutyl, besonders bevorzugt sind Fluormethyl, Difluormethyl, Trifluormethyl und Perfluorbutyl;

– C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, bevorzugt C₁-C₆-Alkoxygruppen wie Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, iso-Propoxy, n-Butoxy, iso-Butoxy, sec.-Butoxy, tert.-Butoxy, n-Pentoxy, iso-Pentoxy, n-Hexoxy und iso-Hexoxy, besonders bevorzugt Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy und n-Butoxy;

– Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², wobei R¹⁰ bis R¹² unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind; bevorzugt sind die Trimethylsilyloxy-, Triethylsilyloxy-, Triisopropylsilyloxy-, Diethylisopropylsilyloxy-, Dimethylhexylsilyloxy-, tert.-Butyldimethylsilyloxy-, tert.-Butyldiphenylsilyloxy-, Tribenzylsilyloxy-, Triphenylsilyloxy- und die Tri-para-xylylsilyloxygruppe; besonders bevorzugt sind die Trimethylsilyloxygruppe und die tert.-Butyldimethylsilyloxygruppe;

– oder Aminogruppen NR¹³R¹⁴, wobei R¹³ und R¹⁴ unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind, die einen gesättigten oder ungesättigten 5-bis 10-gliedrigen Ring bilden können; bevorzugt sind die Dimethylamino-, die Diethylamino-, die Diisopropylamino-, die Methylphenylaminogruppe und die Diphenylaminogruppe. Beispiele für Aminogruppen mit gesättigten Ringen sind die N-Piperidylgruppe und die N-Pyrrolidinylgruppe; Beispiele für Aminogruppen mit ungesättigten Ringen sind die N-Pyrrylgruppe, die N-Indolylgruppe und die N-Carbazolylgruppe;

– C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, bevorzugt C₁-C₆-Alkoxygruppen wie Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, iso-Propoxy, n-Butoxy, iso-Butoxy, sec.-Butoxy, tert.-Butoxy, n-Pentoxy, iso-Pentoxy, n-Hexoxy und iso-Hexoxy, besonders bevorzugt Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy und n-Butoxy,

– Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², wobei R¹⁰ bis R¹² unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind; bevorzugt sind die Trimethylsilyloxy-, Triethylsilyloxy-, Triisopropylsilyloxy-, Diethylisopropylsilyloxy-, Dimethylhexylsilyloxy-, tert.-Butyldimethylsilyloxy-, tert.-Butyldiphenylsilyloxy-, Tribenzylsilyloxy-, Triphenylsilyloxy- und die Tri-para-xylylsilyloxygruppe; besonders bevorzugt sind die Trimethylsilyloxygruppe und die tert.-Butyldimethylsilyloxygruppe;

– Halogene, wie Fluor, Chlor, Brom und Jod, wobei Chlor und Brom bevorzugt sind,

– oder Aminogruppen NR¹³R¹⁴, wobei R¹³ und R¹⁴ unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind, die einen gesättigten oder ungesättigten 5- bis 10-gliedrigen Ring bilden können; bevorzugt sind die Dimethylamino-, die Diethylamino-, die Diisopropylamino-, die Methylphenylaminogruppe und die Diphenylaminogruppe. Beispiele für Aminogruppen mit gesättigten Ringen sind die N-Piperidylgruppe und die N-Pyrrolidinylgruppe; Beispiele für Aminogruppen mit ungesättigten Ringen sind die N-Pyrrylgruppe, die N-Indolylgruppe und die N-Carbazolylgruppe;

wobei die Reste R² und R³ zusammen mit den C-Atomen des Stammkörpers einen 5 bis 8-gliedrigen Ring bilden können. Beispielsweise können R² und R³ zusammen sein: -(CH₂)₃- (Trimethylen), -(CH₂)₄- (Tetramethylen), -(CH₂)₅- (Pentamethylen), -(CH₂)₆- (Hexamethylen), -CH₂-CH=CH-, -CH₂-CH=CH-CH₂-, -CH=CH-CH=CH-, -O-CH₂-O-, -O-CHMe-O-, -CH-(C₆H₅)-O-, -O-CH₂-CH₂-O-, -O-CMe₂-O-, -NMe-CH₂-CH₂-NMe-, -NMe-CH₂-NMe- oder -O-SiMe₂-O-

und wobei mindestens ein Rest R² oder R³ eine hydrophile Gruppe X trägt.

R⁴ bis R⁷ bedeuten:

– Wasserstoff,

– hydrophile Gruppen X,

– C₁-C₁₂-Alkyl, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Heptyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C₁-C₆-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-

Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl.

– C₁-C₁₂-Älkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch Halogene, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen; wobei diese Gruppen wie oben spezifiziert sind;

5 – C₁-C₁₂-Alkylgruppen, die ihrerseits mit einer hydrophilen Gruppe X substituiert sind; beispielsweise -CH₂-CH₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₀-SO₃⁻, -(CH₂)₁₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₆-SO₃⁻, -(CH₂)₁₈-SO₃⁻, -CH₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₀-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₆-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₈-NMe₃⁺, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₂-OH, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₃-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₄-OH, -O-(CH₂-CH₂)₅-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₆-OH oder -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₈-OH;

10 – C₇-C₁₃-Aralkyl, bevorzugt C₇- bis C₁₂-Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 2-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (1-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenylbutyl, 3-Phenyl-butyl und 4-Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl,

– C₃-C₁₂-Cycloalkyl wie Cyclopropyl, Cyclobutyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Cyclooctyl, Cyclononyl, Cyclodecyl, Cycloundecyl und Cyclododecyl; bevorzugt sind Cyclopentyl, Cyclohexyl und Cycloheptyl;

15 – unter den substituierten Cycloalkylgruppen seien beispielhaft genannt: 2-Methylcyclopentyl, 3-Methylcyclopentyl, cis-2,4-Dimethylcyclopentyl, trans-2,4-Dimethylcyclopentyl, 2,2,4,4-Tetramethylcyclopentyl, 2-Methylcyclohexyl, 3-Methylcyclohexyl, 4-Methylcyclohexyl, cis-2,5-Dimethylcyclohexyl, trans-2,5-Dimethylcyclohexyl, 2,2,5,5-Tetramethylcyclohexyl, 2-Methoxycyclopentyl, 2-Methoxycyclohexyl, 3-Methoxycyclopentyl, 3-Methoxycyclohexyl, 2-Chlorcyclopentyl, 3-Chlorcyclopentyl, 2,4-Dichlorcyclopentyl, 2,2,4,4-Tetrachlorcyclopentyl, 2-Chlorcyclohexyl, 3-Chlorcyclohexyl, 4-Chlorcyclohexyl, 2,5-Dichlorcyclohexyl, 2,2,5,5-Tetrachlorcyclohexyl, 2-Thiomethylcyclopentyl, 2-Thiomethylcyclohexyl, 3-Thiomethyl-cyclopentyl, 3-Thiomethylcyclohexyl und weitere Derivate;

20 – C₆-C₁₄-Aryl, beispielsweise Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt Phenyl;

25 – C₆-C₁₄-Aryl wie Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, substituiert durch eine oder mehrere

30 – C₁-C₁₂-Alkylgruppen, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Heptyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C₁-C₆-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl;

35 – C₁-C₁₂-Alkylgruppen, die ihrerseits mit einer hydrophilen Gruppe X substituiert sind; beispielsweise CH₂-CH₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₀-SO₃⁻, -(CH₂)₁₂-SO₃⁻, -(CH₂)₁₆-SO₃⁻, -(CH₂)₁₈-SO₃⁻, -CH₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₀-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₂-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₆-NMe₃⁺, -(CH₂)₁₈-NMe₃⁺, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₂-OH, -CH₂-(O-CH₂-CH₂)₃-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₄-OH, -O-(CH₂-CH₂)₅-OH, -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₆-OH oder -CH₂-O-(CH₂-CH₂)₈-OH;

– Halogene, wie Fluor, Chlor, Brom und Jod, wobei Chlor und Brom bevorzugt sind,

– NO₂-Gruppen,

– hydrophile Gruppen X,

40 – ein- oder mehrfach halogenierte C₁-C₁₂-Alkylgruppen wie Fluormethyl, Difluormethyl, Trifluormethyl, Chloromethyl, Dichloromethyl, Trichloromethyl, Brommethyl, Dibrommethyl, Tribrommethyl, Pentafluorethyl, Perfluorpropyl und Perfluorbutyl, besonders bevorzugt sind Fluormethyl, Difluormethyl, Trifluormethyl und Perfluorbutyl;

– C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, bevorzugt C₁-C₆-Alkoxygruppen wie Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, iso-Propoxy, n-Butoxy, iso-Butoxy, sec.-Butoxy, tert.-Butoxy, n-Pentoxy, iso-Pentoxy, n-Hexoxy und iso-Hexoxy, besonders bevorzugt Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy und n-Butoxy;

45 – Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², wobei R¹⁰ bis R¹² unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind; bevorzugt sind die Trimethylsilyloxy-, Triethylsilyloxy-, Triisopropylsilyloxy-, Diethylisopropylsilyloxy-, Dimethylhexylsilyloxy-, tert.-Butyldimethylsilyloxy-, tert.-Butyldiphenylsilyloxy-, Tribenzylsilyloxy-, Triphenylsilyloxy- und die Tri-para-xylylsilyloxygruppe; besonders bevorzugt sind die Trimethylsilyloxygruppe und die tert.-Butyldimethylsilyloxygruppe;

50 – oder Aminogruppen NR¹³R¹⁴, wobei R¹³ und R¹⁴ unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind, die einen gesättigten oder ungesättigten 5- bis 10-gliedrigen Ring bilden können; bevorzugt sind die Dimethylamino-, die Diethylamino-, die Diisopropylamino-, die Methylphenylaminogruppe und die Diphenylaminogruppe. Beispiele für Aminogruppen mit gesättigten Ringen sind die N-Piperidylgruppe und die N-Pyrrolidinylgruppe; Beispiele für Aminogruppen mit ungesättigten Ringen sind die N-Pyrrylgruppe, die N-Indolylgruppe und die N-Carbazolylgruppe;

55 – C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, bevorzugt C₁-C₆-Alkoxygruppen wie Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, iso-Propoxy, n-Butoxy, iso-Butoxy, sec.-Butoxy, tert.-Butoxy, n-Pentoxy, iso-Pentoxy, n-Hexoxy und iso-Hexoxy, besonders bevorzugt Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy und n-Butoxy,

60 – Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², wobei R¹⁰ bis R¹² unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen, Benzylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind; bevorzugt sind die Trimethylsilyloxy-, Triethylsilyloxy-, Triisopropylsilyloxy-, Diethylisopropylsilyloxy-, Dimethylhexylsilyloxy-, tert.-Butyldimethylsilyloxy-, tert.-Butyldiphenylsilyloxy-, Tribenzylsilyloxy-, Triphenylsilyloxy- und die Tri-para-xylylsilyloxygruppe; besonders bevorzugt sind die Trimethylsilyloxygruppe und die tert.-Butyldimethylsilyloxygruppe;

65 – Halogene, wie Fluor, Chlor, Brom und Jod, wobei Chlor und Brom bevorzugt sind,

– NO₂-Gruppen

– oder Aminogruppen NR¹³R¹⁴, wobei R¹³ und R¹⁴ unabhängig voneinander aus Wasserstoff, C₁-C₆-Alkylgruppen und C₆-C₁₄-Arylgruppen ausgewählt sind, die einen gesättigten oder ungesättigten 5- bis 10-gliedrigen Ring bilden

können; bevorzugt sind die Dimethylamino-, die Diethylamino-, die Diisopropylamino-, die Methylphenylamino-
gruppe und die Diphenylaminogruppe. Beispiele für Aminogruppen mit gesättigten Ringen sind die N-Piperidyl-
gruppe und die N-Pyrrolidinylgruppe; Beispiele für Aminogruppen mit ungesättigten Ringen sind die N-Pyrryl-
gruppe, die N-Indolylgruppe und die N-Carbazolylgruppe;

wobei jeweils zwei benachbarte Reste R^4 bis R^7 zusammen mit den C-Atomen des Stammaromaten einen 5- bis 8-glied-
rigen Ring bilden können, der weitere Substituenten Z tragen kann. Beispielsweise können R^4 und R^5 zusammen sein:
- $(CH_2)_3$ - (Trimethylen), - $(CH_2)_4$ - (Tetramethylen), - $(CH_2)_5$ - (Pentamethylen), - $(CH_2)_6$ - (Hexamethylen), - $CH_2-CH=CH-$,
- $CH_2-CH=CH-CH_2-$, - $CH=CH-CH=CH-$, - $O-CH_2-O-$, - $O-CHMe-O-$, - $CH-(C_6H_5)-O-$, - $O-CH_2-CH_2-O-$, - $O-CMe_2-O-$,
- $NMe-CH_2-CH_2-NMe-$, - $NMe-CH_2-NMe-$ oder - $O-SiMe_2-O-$.

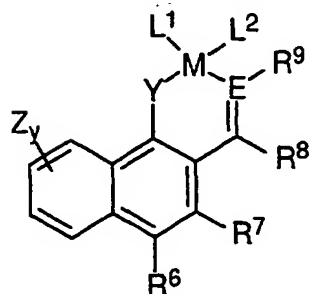
R_8 und R_9 werden gewählt aus:

- C_1 - C_{12} -Alkylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X; Beispiele für unsubstitu-
ierte C_1 - C_{12} -Alkylgruppen sind Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-
Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Hep-
tyl, iso-Heptyl, n-Octyl, n-Nonyl, n-Decyl, und n-Dodecyl; bevorzugt C_1 - C_6 -Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl,
iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethyl-
propyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, besonders bevorzugt C_1 - C_4 -Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl,
iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl. Beispiele für die mit einer hydrophilen Gruppe X substi-
tuierten C_1 - C_{12} -Alkylgruppen sind $CH_2-SO_3^-$, $CH_2-CH_2-SO_3^-$, $-(CH_2)_{10}-SO_3^-$, $-(CH_2)_{12}-SO_3^-$, $-(CH_2)_{16}-SO_3^-$,
- $(CH_2)_{18}-SO_3^-$, - $CH_2-NMe_3^+$, - $(CH_2)_{10}-NMe_3^+$, - $(CH_2)_{12}-NMe_3^+$, - $(CH_2)_{16}-NMe_3^+$, - $(CH_2)_{18}-NMe_3^+$, - CH_2-O-CH_2-
 CH_2-OH , - $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_2-OH$, $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_3-OH$, - $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_4-OH$, - $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_5-OH$,
- $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_6-OH$, oder - $CH_2-O-(CH_2-CH_2)_8-OH$;

- C_7 - C_{13} -Aralkyl, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X, Beispiele für unsubstituierte
Aralkylgruppen sind C_7 bis C_{12} -Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 1-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-
propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (1-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenylbutyl, 3-Phenyl-butyl und 4-
Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl; bevorzugte Beispiele für die mit einer hydrophilen Gruppe X substi-
tuierten Aralkylreste sind meta-Benzylsulfonat, para-Benzylsulfonat, ortho- $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Benzyl, meta-
 $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Benzyl und para- $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Benzyl, wobei n eine ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeutet,
bevorzugt von 2 bis 10 und besonders bevorzugt von 3 bis 8.

C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X. Beispiele für unsubstituierte C_6 -
 C_{14} -Arylgruppen sind Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl,
3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt
Phenyl. Beispiele für mit hydrophilen Gruppen X substituierte C_6 - C_{14} -Arylgruppen sind meta-Benzosulfonat, ortho-
Benzosulfonat, para-Benzosulfonat, α -(4-Naphthosulfonat), β -(4-Naphthosulfonat), ortho- $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Phenyl,
meta- $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Phenyl und para- $HO(CH_2CH_2)_n-O$ -Phenyl, wobei n eine ganze Zahl zwischen 1 und 15 bedeu-
tet, bevorzugt von 2 bis 10 und besonders bevorzugt von 3 bis 8.

In einer besonderen Ausführungsform des Verfahrens werden Komplexe der allgemeinen Formel I b' verwendet.



Dabei können die Substituenten Z gleich oder verschieden sein, und sie werden ausgewählt aus den folgenden Grup-
pen:

- Halogen wie Fluor, Chlor, Brom und Iod, bevorzugt Fluor oder Chlor;
- C_1 - C_4 -Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl;
- Hydrophile Gruppen X, wobei X wie oben definiert ist,
- NO_2 ,
- C_1 - C_4 -Alkoxy wie Methoxy, Ethoxy, n-Propoxy, n-Butoxy und tert.-Butoxy,
- y ist eine ganze Zahl von 0 bis 4.

Dabei können ein oder mehrere Reste R^4 bis R^9 gleiche oder verschiedene hydrophile Gruppe X tragen. Bevorzugt
sind dabei solche Ausführungsformen des Verfahrens, in denen mindestens ein oder mehrere Reste R^4 bis R^9 eine hydro-
phile Gruppe X trägt.

R^{10} bis R^{15} werden unabhängig voneinander ausgewählt aus

- Wasserstoff,

- C₁-C₂₀-Alkylgruppen, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Octyl, n-Nonyl, iso-Nonyl, n-Decyl, iso-Decyl, n-Undecyl, iso-Undecyl, n-Dodecyl, iso-Dodecyl, n-Tetradecyl, n-hexadecyl, n-octadecyl und n-Eicosyl; besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl;
- mit O(C₁-C₆-Alkyl) oder N(C₁-C₆-Alkyl)₂-Resten substituierte C₁-C₂₀-Alkylgruppen, wie beispielsweise CH₂-CH₂-OCH₃ oder CH₂-CH₂-NMe₂;
- C₃-C₁₂-Cycloalkyl wie Cyclopropyl, Cyclobutyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Cyclooctyl, Cyclononyl, Cyclodecyl, Cycloundecyl und Cyclododecyl; bevorzugt sind Cyclopentyl, Cyclohexyl und Cycloheptyl;
- C₇-C₁₃-Aralkylresten, bevorzugt C₇- bis C₁₂-Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 1-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (2-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenyl-butyl, 3-Phenyl-butyl und 4-Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl;
- C₆-C₁₄-Arylgruppen, wie Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt Phenyl;

wobei jeweils zwei benachbarte Reste R¹⁰ bis R¹⁵ zusammen mit dem betreffenden Heteroatom einen 5 bis 8-gliedrigen Ring bilden können. Beispielsweise können R¹⁰ und R¹¹ zusammen sein: -(CH₂)₃- (Trimethylen), -(CH₂)₄- (Tetramethylen), -(CH₂)₅- (Pentamethylen), -(CH₂)₆- (Hexamethylen), -CH₂-CH=CH-, -CH₂-CH=CH-CH₂-, -CH=CH-CH=CH-, -O-CH₂-O-, -O-CHMe-O-, -CH-(C₆H₅)-O-, -O-CH₂-CH₂-O-, -O-CMe₂-O-, -NMe-CH₂-CH₂-NMe-, -NMe-CH₂-NMe- oder -O-SiMe₂-O-;

R¹⁶ sind gleich oder verschieden und werden gewählt aus

- Wasserstoff,
- C₁-C₂₀-Alkylgruppen, wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl, tert.-Butyl, n-Pentyl, iso-Pentyl, sec.-Pentyl, neo-Pentyl, 1,2-Dimethylpropyl, iso-Amyl, n-Hexyl, iso-Hexyl, sec.-Hexyl, n-Octyl, n-Nonyl, iso-Nonyl, n-Decyl, iso-Decyl, n-Undecyl, iso-Undecyl, n-Dodecyl, iso-Dodecyl, n-Tetradecyl, n-hexadecyl, n-octadecyl und n-Eicosyl; besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkyl wie Methyl, Ethyl, n-Propyl, iso-Propyl, n-Butyl, iso-Butyl, sec.-Butyl und tert.-Butyl;
- mit O(C₁-C₆-Alkyl) oder N(C₁-C₆-Alkyl)₂-Resten substituierte C₁-C₂₀-Alkylgruppen, wie beispielsweise CH₂-CH₂-OCH₃ oder CH₂-CH₂-NMe₂;
- C₃-C₁₂-Cycloalkyl wie Cyclopropyl, Cyclobutyl, Cyclopentyl, Cyclohexyl, Cycloheptyl, Cyclooctyl, Cyclononyl, Cyclodecyl, Cycloundecyl und Cyclododecyl; bevorzugt sind Cyclopentyl, Cyclohexyl und Cycloheptyl;
- C₇-C₁₃-Aralkylresten, bevorzugt C₇- bis C₁₂-Phenylalkyl wie Benzyl, 1-Phenethyl, 2-Phenethyl, 1-Phenyl-propyl, 2-Phenyl-propyl, 3-Phenyl-propyl, Neophyl (1-Methyl-1-phenylethyl), 1-Phenyl-butyl, 2-Phenyl-butyl, 3-Phenyl-butyl und 4-Phenyl-butyl, besonders bevorzugt Benzyl;
- C₆-C₁₄-Arylgruppen, wie Phenyl, 2-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl, 9-Anthryl, 1-Phenanthryl, 2-Phenanthryl, 3-Phenanthryl, 4-Phenanthryl und 9-Phenanthryl, bevorzugt Phenyl, 1-Naphthyl und 2-Naphthyl, besonders bevorzugt Phenyl; unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X.

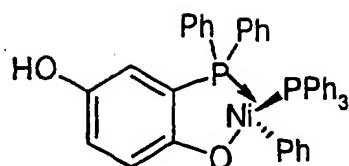
Für Verbindungen der allgemeinen Formel Ia oder Ib mit ionischen hydrophilen Gruppen sind Gegenionen zum Ausgleich der elektrischen Ladung erforderlich. Zum elektrostatischen Ausgleich negativer Ladungen wie -SO₃⁻ oder -O-PO₃²⁻ haben sich die Kationen der Alkalimetalle wie Li⁺, Na⁺, K⁺, Rb⁺ und Cs⁺ bewährt, wobei Na⁺ und K⁺ wegen ihres niedrigeren Preises bevorzugt sind. Geeignet sind weiterhin Ammoniumsalze mit Kationen der allgemeinen Formel NR¹⁵₂H_{4-z}, wobei R¹⁵ wie oben beschrieben definiert ist und z eine ganze Zahl von 0 bis 4 ist. Besonders bevorzugte Ammoniumionen sind [NH₄]⁺, [NEt₂H]⁺, [NMe₄]⁺, [HN(n-C₄H₉)₃]⁺, [N(n-C₄H₉)₄]⁺, (n-C₁₆H₃₃NMe₃)⁺ und [C₆H₅-NHMe₂]⁺.

Zum elektrostatischen Ausgleich positiver Ladungen wie NH(R¹⁵)₂⁺ oder N(R¹⁵)₃⁺ hat sich eine Vielzahl von Anionen bewährt. Beispielsweise seien genannt: Halogenide wie Fluorid, Chlorid, Bromid oder Iodid; außerdem Hydrogensulfat, Triflat CF₃SO₃⁻, Acetat, BF₄⁻, [B(C₆H₅)₄]⁻, [B(C₆F₅)₄]⁻ oder PF₆⁻ oder SbF₆⁻, wobei Chlorid und Hydrogensulfat bevorzugt sind.

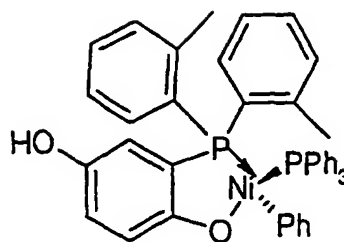
Es ist auch möglich, dass der Komplex gemäß Formel Ia oder Ib zwei verschiedene hydrophile Gruppen trägt, und zwar eine anionische Gruppe, ausgewählt aus -SO₃⁻ oder -O-PO₃²⁻, und eine kationische Gruppe, ausgewählt aus NH(R¹⁵)₂⁺ oder N(R¹⁵)₃⁺, so dass der zwitterionische Komplex elektrisch neutral ist.

Ausgewählte, ganz besonders bevorzugte Verbindungen der Formel Ia sind:

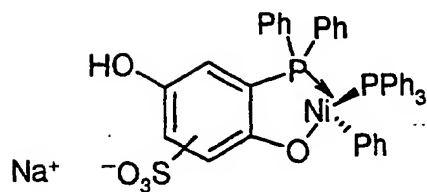
- Na⁺ [Ni(Ph)PPh₃(κ²P, OPh₂PC(SO₃⁻) = C(-O)(p-MeC₆H₄)] (Formel I a.1, s. Arbeitsbeispiel))
 - [n-C₁₆H₃₃NMe₃]⁺ [Ni(Ph)PPh₃(κ²P, OPh₂PC(SO₃⁻) = C(-O)(p-MeC₆H₄)] (Formel I a.2, s. Arbeitsbeispiel)
 - Na⁺ [Ni(Ph)PPh₃(κ²P, O(o-MeC₆H₄)₂PC(SO₃⁻) = C(-O)(p-MeC₆H₄)]
 - [n-C₁₆H₃₃NMe₃]⁺ [Ni(Ph)PPh₃(κ²P, OPh₂PC(SO₃⁻) = C(-O)(p-MeC₆H₄)]
 - Na⁺ [Ni(Ph)PPh₃(κ²P, OPh₂PC(SO₃⁻) = C(-O)(p-MeC₆H₄)] mit Me = Methyl und Ph = Phenyl,
- sowie die unten abgebildeten Verbindungen der Formeln Ia.3 bis Ia.6:



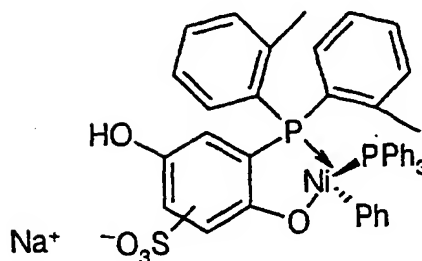
Ia.3



Ia.4



Ia.5



Ia.6

Ausgewählte, ganz besonders bevorzugte Verbindungen der Formel Ib sind:

[O-3,5-I₂C₆H₂-o-C(H)-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃ (Formel Ib.1, s. Arbeitsbeispiel)

[O-3,5-I₂C₆H₂-o-CMe-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃

[O-3-(9-Anthracenyl)C₆H₃-o-C(H)-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃

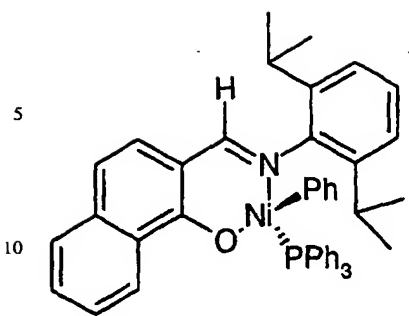
[O-3-(9-Anthracenyl)-5-NO₂-C₆H₂-o-C(H)-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃

Na⁺

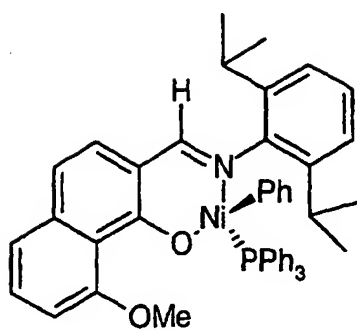
[O-3-(9-Anthracenyl)-5-(SO₃⁻)-C₆H₂-o-C(H)-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃

[O-3-(9-Anthracenyl)-5-I-C₆H₂-o-C(H)-N=C2,6(i-C₃H₇)₂C₆H₃] Ni(C₆H₅)(PPh)₃

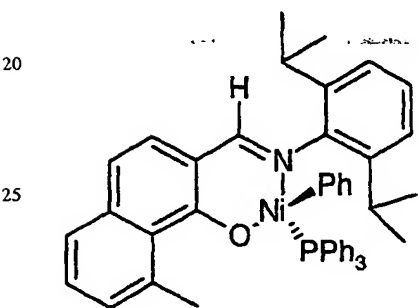
sowie die unten abgebildeten Verbindungen der Formeln Ib'.1 bis Ib'.8.



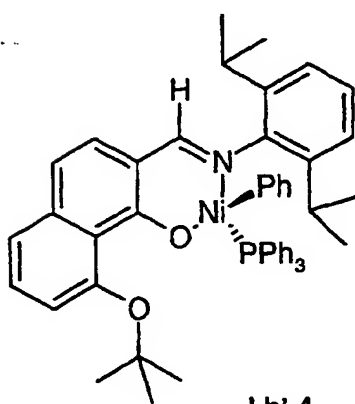
15 1b'.1



1b'.2



30 1b'.3



35 1b'.4

40

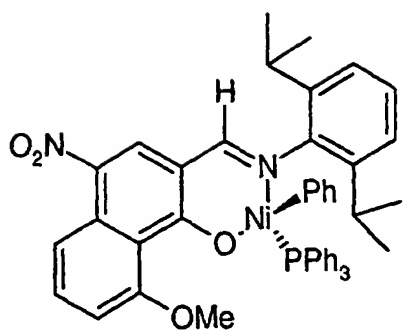
45

50

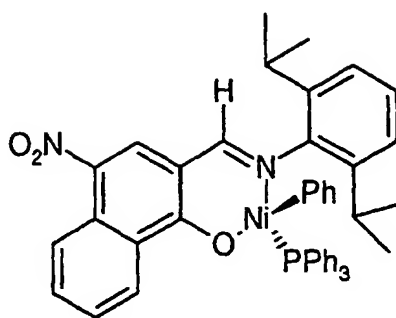
55

60

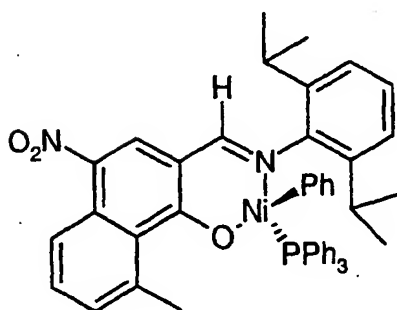
65



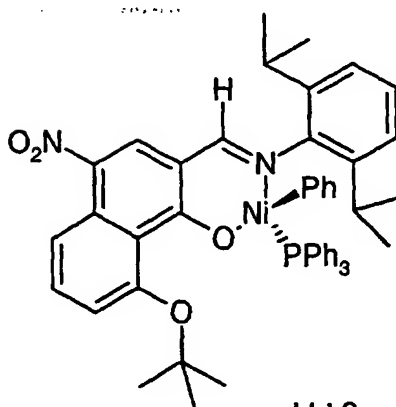
Ib'.5



Ib'.6



Ib'.7



Ib'.8

Die Synthese der Komplexe der allgemeinen Formel Ia-Ib ist an sich bekannt. Synthesevorschriften für Komplexe der Formel Ia finden sich in EP-A 0 046 331, EP-A 0 046 328 und EP-A 0 052 929. Vorschriften für die Synthese von Komplexen der Formel Ib finden sich in den Anmeldungen WO 98/30609 und WO 98/42664 und in der Publikation von C. Wang et al., Organometallics 1998, 17, 3149. Die Sulfonierungen wurden stets nach der von N. A. Nesmeyanov et al. in Dokl. Akad. Nauk SSSR 1963, 151, 856 beschriebenen Rezeptur durchgeführt. Bei der Nomenklatur der Verbindungen der allgemeinen Formel Ib wird die Nomenklatur analog zu WO 98/42664 verwendet.

Die Verbindungen Ia und Ib können in einem Verhältnis von 0 : 100 bis 100 : 0 mol-% eingesetzt werden. Bevorzugte Ausführungsformen sind 0 : 100 mol-%, 10 : 90 mol-%, 50 : 50 mol-%, 90 : 10 mol-% und 100 : 0 mol-%.

Zahlreiche Komplexe der allgemeinen Formel Ia oder b sind für sich polymerisationsinaktiv. Sie benötigen einen Aktivator, der nach gängiger Vorstellung den Liganden L¹ abstrahiert. Bei dem Aktivator kann es sich um Olefinkomplexe des Rhodiums oder Nickels handeln.

Bevorzugte, kommerziell bei Aldrich erhältliche Nickel-(Olefin)_y-Komplexe sind Ni(C₂H₄)₃, Ni(1,5-Cyclooctadien)₂, "Ni(COD)₂", Ni(1,6-Cyclodecadien)₂, oder Ni(1,5,9-all-trans-Cyclododecatrien)₂. Besonders bevorzugt ist Ni(COD)₂.

Besonders geeignet sind gemischte Ethylen/1,3-Dicarbonylkomplexe des Rhodiums, beispielsweise Rhodium-Acetylacetonat-Ethylen Rh(acac)(CH₂=CH₂)₂, Rhodium-Benzoylacetonat-Ethylen Rh(C₆H₅-CO-CH-CO-CH₃)(CH₂=CH₂)₂ oder Rh(C₆H₅-CO-CH-CO-C₆H₅)(CH₂=CH₂)₂. Am besten geeignet ist Rh(acac)(CH₂=CH₂)₂. Diese Verbindung lässt sich nach der Rezeptur von R. Cramer aus Inorg. Synth. 1974, 25, 14 synthetisieren.

Einige Komplexe der allgemeinen Formel Ia oder b lassen sich durch Ethylen aktivieren. Die Leichtigkeit der Aktivierungsreaktion hängt entscheidend von der Natur des Liganden L¹ ab. So konnte gezeigt werden, dass für den Fall, dass L¹ ein Tetramethylethyldiamin-Ligand ist, kein Aktivator erforderlich ist.

Die Polymerisation der 1-Olefine unter Verwendung der erfindungsgemäßen Metallkomplexe kann in an sich bekannter Weise durchgeführt werden.

Dabei ist die Reihenfolge der Zugabe der Reagenzien bei der Polymerisation unkritisch. So kann zunächst gasförmiges Monomer auf das Lösemittel aufgespreßt bzw. flüssiges Monomer zudosiert werden, und anschließend wird der Katalysator zugegeben. Man kann aber auch die Katalysatorlösung zunächst mit weiterem Lösemittel verdünnen und anschließend Monomer zugeben.

Die eigentliche Polymerisation läuft üblicherweise bei einem Mindestdruck von 1 bar, unterhalb dieses Druckes ist die Polymerisationsgeschwindigkeit zu gering. Bevorzugt sind 2 bar und besonders bevorzugt ist ein Mindestdruck von 10 bar.

Als maximaler Druck sind 4000 bar zu nennen; bei höheren Drücken sind die Anforderungen an das Material des Polymerisationsreaktors sehr hoch, und der Prozess wird unwirtschaftlich. Bevorzugt sind 100 bar und besonders bevorzugt sind 50 bar.

Die Polymerisationstemperatur lässt sich in einem weiten Bereich variieren. Als Mindesttemperatur sind 10°C zu nen-

nen, da bei tiefen Temperaturen die Polymerisationsgeschwindigkeit zurückgeht. Bevorzugt ist eine Mindesttemperatur von 40°C und besonders bevorzugt sind 65°C. Als maximale sinnvolle Temperatur sind 350°C zu nennen und bevorzugt 150°C, besonders bevorzugt sind 100°C.

- 5 Vor der Polymerisation werden die Komplexe in einem organischen Lösemittel oder in Wasser gelöst. Durch mehrmütiges Rühren oder Schütteln wird gewährleistet, dass die Lösung klar ist. Dabei kann – je nach Löslichkeit der betreffenden Struktur – die Rührzeit zwischen 1 und 100 Minuten betragen.

Gleichzeitig wird der Aktivator, sofern er notwendig ist, in einer zweiten Portion desselben Lösemittels oder aber in Aceton gelöst.

- 10 Als organische Lösemittel eignen sich aromatische Lösemittel wie Benzol, Toluol, Ethylbenzol, ortho-Xylol, meta-Xylol und para-Xylol sowie Mischungen derselben. Des weiteren eignen sich cyclische Ether wie Tetrahydrofuran und Dioxan oder acyclische Ether wie Diethylether, Di-n-butylether, Di-isopropylether oder 1,2-Dimethoxyethan. Auch Ketone wie Aceton, Methylethylketon oder Diisobutylketon sind geeignet, desgleichen Amide wie Dimethylformamid oder Dimethylacetamid. Weiterhin sind Gemische dieser Lösemittel untereinander geeignet sowie Gemische dieser Lösemittel mit Wasser oder Alkoholen wie Methanol oder Ethanol.

- 15 Bevorzugt sind Aceton und Wasser sowie Mischungen aus Aceton und Wasser, wobei das Mischungsverhältnis beliebig ist.

Die Menge des Lösemittels ist ebenfalls unkritisch, es muss jedoch gewährleistet sein, dass sich der Komplex und der Aktivator vollständig lösen können, andernfalls ist mit Aktivitätseinbußen zu rechnen. Der Lösungsvorgang kann gegebenenfalls durch Ultraschallbehandlung beschleunigt werden.

- 20 Der optional zuzugebende Emulgator kann in einer dritten Portion des Lösemittels oder auch zusammen mit dem Komplex gelöst werden.

Dabei wird die Menge des Emulgators so gewählt, dass das Massenverhältnis zwischen Monomer und Emulgator größer als 1 ist, bevorzugt größer als 10 und besonders bevorzugt größer als 20. Dabei ist es umso günstiger, je weniger Emulgator verwendet werden muss.

- 25 Die Komplexe der Formel Ia und Ib können für sich als Emulgatoren wirken. Die Aktivität in der Polymerisation wird jedoch deutlich gesteigert, wenn ein zusätzlicher Emulgator zugegeben wird. Dieser Emulgator kann nichtionischer oder ionischer Natur sein.

Gebräuchliche nichtionische Emulgatoren sind z. B. ethoxylierte Mono-, Di- und Tri-Alkylphenole (EO-Grad: 3 bis 50, Alkylrest: C₄-C₁₂) sowie ethoxylierte Fettalkohole (EO-Grad: 3 bis 80; Alkylrest: C₈-C₃₆). Beispiele hierfür sind die

- 30 Lutensol®-Marken der BASF AG oder die Triton®-Marken der Union Carbide.
Übliche anionische Emulgatoren sind z. B. Alkalimetall- und Ammoniumsalze von Alkylsulfaten (Alkylrest: C₈ bis C₁₂), von Schwefelsäurehalbestern ethoxylierter Alkanole (EO-Grad: 4 bis 30, Alkylrest: C₁₂-C₁₈) und ethoxylierter Alkylphenole (EO-Grad: 3 bis 50, Alkylrest: C₄-C₁₂), von Alkylsulfonsäuren (Alkylrest: C₁₂-C₁₈) und von Alkylarylsulfonsäuren (Alkylrest: C₉-C₁₈).

- 35 Geeignete kationische Emulgatoren sind in der Regel einen C₆-C₁₈-Alkyl-, -Aralkyl- oder heterocyclischen Rest aufweisende primäre, sekundäre, tertiäre oder quartäre Ammoniumsalze, Alkanolammoniumsalze, Pyridiniumsalze, Imidazoliniumsalze, Oxazoliniumsalze, Morpholiniumsalze, Thiazoliniumsalze sowie Salze von Aminoxiden, Chinoliniumsalze, Isochinoliniumsalze, Tropyliumsalze, Sulfoniumsalze und Phosphoniumsalze. Beispielhaft genannt seien Dodecylammoniumacetat oder das entsprechende Hydrochlorid, die Chloride oder Acetate der verschiedenen 2-(N,N,N-Trimethylammonium)ethylparaffinsäureester, N-Cetylpyridiniumchlorid, N-Laurylpyridiniumsulfat sowie N-Cetyl-N,N,N-trimethylammoniumbromid, N-Dodecyl-N,N,N-trimethylammoniumbromid, N,N-Distearyl-N,N-dimethylammoniumchlorid sowie das Gemini-Tensid N,N'-(Lauryldimethyl)ethylendiamindibromid. Zahlreiche weitere Beispiele finden sich in H. Stache, Tensid-Taschenbuch, Carl-Hanser-Verlag, München, Wien, 1981 und in McCutcheon's, Emulsifiers & Detergents, MC Publishing Company, Glen Rock, 1989.

- 45 Anschließend werden die Komponenten – Komplex in Lösung, optional die Lösung des Emulgators und optional die Lösung des Aktivators in den Polymerisationsreaktor gegeben. Als Polymerisationsreaktor haben sich gerührte Kessel und Autoklaven sowie Rohrreaktoren als brauchbar erwiesen, wobei die Rohrreaktoren als Schlaufenreaktor ausgeführt werden können.

- Das oder die zu polymerisierenden Monomere werden in dem Polymerisationsmedium gemischt. Dabei können als 50 Polymerisationsmedium Wasser oder Gemische von Wasser mit den oben aufgeführten Lösemitteln verwendet werden. Es ist zu beachten, dass der Anteil an Wasser mindestens 50 Vol.-% beträgt, bezogen auf die Gesamt Mischung, bevorzugt mindestens 90 Vol.-% und besonders bevorzugt mindestens 95 Vol.-%.

- Die Lösungen des Komplexes, gegebenenfalls des Aktivators und gegebenenfalls des Emulgators werden mit dem Gemisch aus Monomer und wässrigem Polymerisationsmedium vereinigt. Die Reihenfolge der Zugabe der verschiedenen 55 Komponenten ist an sich unkritisch. Es ist jedoch erforderlich, dass die Vereinigung der Komponenten so schnell erfolgt, dass keine Kristallisation von intermediär eventuell auftretenden schwer löslichen Komplexverbindungen erfolgt.

Als Polymerisationsverfahren sind grundsätzlich kontinuierliche und diskontinuierliche Verfahren geeignet. Bevorzugt sind halbkontinuierliche Verfahren (Semi-batch-Verfahren), in denen nach Vermischen aller Komponenten Mono- oder Monomeregemische im Verlauf der Polymerisation nachdosiert werden.

- 60 Nach dem erfindungsgemäßen Verfahren werden zunächst wässrige Polymerdispersionen erhalten.

Die mittleren Teilchendurchmesser der Polymerpartikel in den erfindungsgemäßen Dispersionen betragen zwischen 10 und 1000 nm, bevorzugt zwischen 50 und 500 nm und besonders bevorzugt zwischen 70 und 350 nm. Die Verteilung der Teilchendurchmesser kann, muss aber nicht sehr einheitlich sein. Für manche Anwendungen, insbesondere für solche mit hohen Feststoffanteilen (> 55%), sind breite oder bimodale Verteilungen sogar bevorzugt.

- 65 Die nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhaltenen Polymere weisen technisch interessante Eigenschaften auf. Im Falle von Polyethylen weisen sie einen hohen Grad der Kristallinität auf, was beispielsweise durch die Anzahl der Verzweigungen nachgewiesen werden kann. Man findet weniger als 40 Verzweigungen, bevorzugt weniger als 20 Verzweigungen pro 1000 C-Atomen des Polymers und besonders bevorzugt weniger als 10 Verzweigungen, bestimmt durch ¹H-

NMR und ^{13}C -NMR-Spektroskopie. Die Schmelzenthalpien der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Polyethylene sind größer 100 J/g, bevorzugt größer 140 und besonders bevorzugt größer als 180 J/g, gemessen durch DSC. Die Molekulargewichtsverteilungen der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erhältlichen Polyethylene sind eng, d. h. die Q-Werte liegen zwischen 1,1 und 3,5 und bevorzugt zwischen 1,5 und 3,1.

Vorteilhaft an den erfindungsgemäßen Dispersionen ist neben dem günstigen Preis aufgrund der billigen Monomeren und Verfahren, dass sie witterungsstabiler als Dispersionen von Polybutadien oder Butadiencopolymeren sind. Gegenüber Dispersionen von Polymeren mit Acrylaten oder Methacrylaten als Hauptmonomer ist die geringere Neigung zum Verseifen als vorteilhaft zu nennen. Weiterhin ist von Vorteil, dass die meisten Olefine leichtflüchtig sind und sich nicht polymerisierte Restmonomere leicht entfernen lassen. Schließlich ist von Vorteil, dass während der Polymerisation keine Molmassenregler wie beispielsweise tert.-Dodecylmercaptan zugegeben werden müssen, die einerseits schlecht abgetrennt werden können, andererseits aber unangenehm riechen.

Aus den zunächst erhaltenen wässrigen Dispersionen lassen sich durch Entfernen des Wassers und gegebenenfalls des oder der organischen Lösemittel die Polymerpartikel als solche erhalten. Zur Entfernung des Wassers und gegebenenfalls des oder der organischen Lösemittel sind zahlreiche gängigen Verfahren geeignet, beispielsweise Filtrieren, Sprühtrocknen oder Verdampfen. Die so erhaltenen Polymere haben eine gute Morphologie und eine hohe Schüttdichte.

Die Teilchendurchmesser lassen sich mit Lichtstreuungsmethoden bestimmen. Einen Überblick findet man in D. Distler (Herausgeber) "Wässrige Polymerdispersionen", Wiley-VCH Verlag, 1. Auflage, 1999, Kapitel 4.

Die erfindungsgemäßen Dispersionen lassen sich in zahlreichen Anwendungen vorteilhaft verwenden, wie beispielsweise Papieranwendungen wie Papierstreicherei oder Oberflächenleimung, weiterhin Anstriche und Lacken, Bauchemikalien, Klebstoffe, Formschäume, Textil- und Lederapplikationen, Teppichrückenbeschichtungen, Matratzen oder pharmazeutischen Zubereitungen.

Unter Papierstreicherei versteht man das Beschichten der Papieroberfläche mit wässrigen pigmentierten Dispersionen. Dabei sind die erfindungsgemäßen Dispersionen aufgrund ihres günstigen Preises vorteilhaft. Unter Oberflächenleimung versteht man das pigmentfreie Auftragen von hydrophobierenden Substanzen. Dabei sind gerade die bisher unter wirtschaftlichen Bedingungen nur schwer zugänglichen Polyolefindispersionen als besonders hydrophobe Substanz von Vorteil. Weiterhin ist von Vorteil, dass während der Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen für Papierstreicherei oder Oberflächenleimung keine Molmassenregler wie beispielsweise tert.-Dodecylmercaptan zugegeben werden müssen, die einerseits schlecht abgetrennt werden können, andererseits aber unangenehm riechen.

In Anstrichen und Lacken sind die erfindungsgemäßen Dispersionen besonders geeignet, weil sie preislich sehr günstig sind. Besonders vorteilhaft sind wässrige Polyethylen dispersionen, weil sie weiterhin auch eine besondere UV-Stabilität aufweisen. Weiterhin sind wässrige Polyethylen dispersionen besonders geeignet, weil sie gegenüber basischen Materialien wie beispielsweise Zement, die in der Bauchemie üblich sind, beständig sind.

In Klebstoffen, insbesondere in Klebstoffen für selbstklebende Etiketten oder Folien sowie Pflastern, aber auch in Bauklebstoffen oder Industrieklebstoffen, haben die erfindungsgemäßen Dispersionen wirtschaftliche Vorteile. Insbesondere in Bauklebstoffen sind sie besonders günstig, weil sie gegenüber basischen Materialien, die in der Bauchemie üblich sind, beständig sind.

In Formschäumen, die aus den erfindungsgemäßen Dispersionen durch an sich bekannte Verfahren wie das Dunlop-Verfahren oder das Talalay-Verfahren hergestellt werden, ist wiederum der günstige Preis der erfindungsgemäßen Dispersionen vorteilhaft. Als weitere Komponenten dienen Geliemittel, Seifen, Verdicker und Vulkanisationspasten. Formschäume werden beispielsweise zu Matratzen verarbeitet.

Textil- und Lederapplikationen dienen zur Haltbarmachung und Veredlung von Textil oder Leder. Unter den Effekten sind die Imprägnierung sowie die weitere Ausrüstung der Textilien beispielhaft zu nennen. Vorteilhaft an den erfindungsgemäßen Dispersionen als Bestandteil in Textil- und Lederapplikationen ist neben dem günstigen Preis die Geruchsfreiheit, da sich Olefine als Restmonomere leicht entfernen lassen.

Teppichrückenbeschichtungen dienen zum Verkleben der Teppichfasern auf dem Rücken, weiterhin haben sie die Aufgabe, dem Teppich die nötige Steifigkeit zu geben sowie Additive wie beispielsweise Flammenschutzmittel oder Antistatika gleichmäßig zu verteilen. Vorteilhaft an den erfindungsgemäßen Dispersionen ist neben dem günstigen Preis die Unempfindlichkeit gegenüber den gängigen Additiven. Insbesondere die erfindungsgemäßen Polyethylen dispersionen haben sich als chemisch besonders inert erwiesen. Weiterhin ist von Vorteil, dass während der Herstellung der erfindungsgemäßen Dispersionen für Teppichrückenbeschichtungen keine Molmassenregler wie beispielsweise tert.-Dodecylmercaptan zugegeben werden müssen, die einerseits schlecht abgetrennt werden können, andererseits aber unangenehm riechen. Schließlich lassen sich Teppiche, enthaltend die erfindungsgemäßen Teppichrückenbeschichtungen, gut recyceln.

Unter pharmazeutischen Zubereitungen werden Dispersionen als Träger von Medikamenten verstanden. Dispersionen als Träger von Medikamenten sind an sich bekannt. Vorteilhaft an den erfindungsgemäßen Dispersionen als Träger von Medikamenten ist der wirtschaftlich günstige Preis und die Beständigkeit gegen Körpereinflüsse wie Magensaft oder Enzyme.

Arbeitsbeispiele

Allgemeines

Die Synthesen wurden, wenn nicht anders beschrieben, nach der Schlenk-Technik unter Luft- und Feuchtigkeitsausschluss durchgeführt.

Tetrahydrofuran, Toluol, Dichlormethan, Diethylether und Pentan wurden vor ihrer Verwendung absolutiert (Dichlormethan: Calciumhydrid; sonstige: Natrium) und unter Argon destilliert.

Die viskosimetrischen Bestimmungen an den Polymeren wurden nach ISO 1628-3 durchgeführt. Die Molmassenbestimmungen wurden mittels GPC durchgeführt. In Anlehnung an DIN 55672 wurden die folgenden Bedingungen gewählt: Lösemittel 1,2,4-Trichlorbenzol, Fluss: 1 ml/min; Temperatur 140°C. Es wurde an einem Waters 150C-Gerät ge-

messen, das mit Polyethylen-Standards kalibriert worden war.

1. Ligandsynthese ($C_{16}H_{33}NMe_3$)⁺ [$Ph_3P-C(H)(SO_3^-)C(=O)-4-MeC_6H_4$]

5

1.1 Darstellung von $Ph_3P=CHC(=O)-4-MeC_6H_4$

17,8 g Methyltriphenylphosphoniumbromid (49,8 mmol) wurden unter Argon vorgelegt und in 80 ml Tetrahydrofuran suspendiert. Zu dieser Suspension spritzte man unter Rühren 27,8 ml einer 1,6 M Lösung von Butyllithium in Hexan (entspr. 44,4 mmol Butyllithium). Man beobachtete ein Aufklaren der Suspension und einen Farbumschlag von gelb nach rot. Anschließend rührte man die Lösung 60 Minuten, bis das Edukt vollständig gelöst war, ehe eine Lösung von 3,87 g (25 mmol) p-Toluolsulfonsäurechlorid in 10 ml Tetrahydrofuran zugespritzt wurde. Dabei kam es zu einer Verfärbung nach gelb sowie zum Ausfallen eines weißen Feststoffs. Das Reaktionsgemisch wurde dann 2 Stunden gerührt, ehe man es auf 400 ml Wasser goß und die so erhaltene Suspension fünfmal mit je 150 ml Diethylether extrahierte. Die vereinigten organischen Phasen wurden über Natriumsulfat getrocknet, filtriert und anschließend stark eingeeengt. Man lagerte die Lösung über Nacht bei 4°C und saugte den ausgefallenen hellgelben Feststoff ab (4 g, 10,1 mmol). Die Mutterlauge wurde noch stärker eingeeengt und erneut gekühlt. Hieraus erhielt man weitere 1,5 g (3,8 mmol) Produkt, so daß die Gesamtausbeute an $Ph_3P=CHC(=O)-4-MeC_6H_4$ 5,5 g (13,9 mmol, 56%) betrug.

1.2 Darstellung von $Ph_3P^+-C(H)(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4$

20

2,1 g (13,2 mmol) Schwefeltrioxid-Pyridin-Addukt wurden unter Argonatmosphäre vorgelegt. Hierzu tropfte man unter Eiskühlung langsam eine Lösung von 5 g (12,7 mmol) $Ph_3P=CHC(=O)-4-MeC_6H_4$ in 40 ml Methylenchlorid. Es entstand binnen weniger Minuten eine gelbe Lösung, welche über Nacht bei Raumtemperatur gerührt wurde. Anschließend zog man das Lösungsmittel ab, verrührte den erhaltenen farblosen Rückstand in 30 ml Ethanol und wusch nach dem Absaugen zweimal mit je 15 ml Ethanol nach. Nach dem Trocknen im Vakuum erhielt man 4,5 g (9,5 mmol) $Ph_3P^+-C(H)(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4$ als farbloses Pulver in 75%iger Ausbeute.

1.3 Darstellung von $[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4]$

3,87 g (8,17 mmol) $Ph_3P^+-C(H)(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4$ wurden in 50 ml Methanol/ Wasser 2 : 1 Gemisch suspendiert und unter Verwendung von 1 Tropfen 1%iger ethanolischer Phenolphthaleinlösung als Indikator mit Hexadecyltrimethylammoniumhydroxid-Lösung (10 Gew.-% in Wasser) titriert. Der pH-Wert wurde zusätzlich mit pH-Fix-Indikatorpapier überprüft. Gegen Ende der Titration erwärmte man auf 50°C und titrierte weiter, bis schließlich eine klare Lösung (pH = 7,5) resultierte. Das Lösungsmittel wurde anschließend abgezogen und Wasserspuren über azeotrope Destillation mit Ethanol entfernt. Man erhielt auf diesem Weg nach Trocknen im Ölpumpenvakuum 5,16 g (6,81 mmol) $[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4]$ als farblosen hygroskopischen Feststoff in 83%iger Ausbeute.

Den analogen Liganden $Na^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4]$ erhielt man durch Einsatz von wässriger Natronlauge zur Neutralisation.

40

2. Komplexsynthese

$[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ni(Ph)PPh_3(\kappa^2P,OPh_2PC(SO_3^-)=C(-O)(p-MeC_6H_4))]$

Die Synthese erfolgte unter Argonatmosphäre unter Anwendung von Standard-Schlenktechnik. 709 mg (2,58 mmol) $Ni(COD)_2$ wurden in 25 ml Tetrahydrofuran bei -30°C suspendiert, hierzu gab man unter Rühren 1 Äquivalent (676 mg) Triphenylphosphan und beobachtete dabei das Auftreten einer roten Färbung. Zu dem erhaltenen Reaktionsgemisch spritzte man (mit einer Transferkanüle) unter Rühren eine Lösung von 1 Äquivalent (1,954 g) des Liganden $[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4]$ in 25 ml THF, die man zuvor auf 50°C erwärmte, um den Liganden vollständig in Lösung zu bringen. Man ließ den Ansatz auf Raumtemperatur erwärmen, erhitze ihn anschließend kurzzeitig auf 50°C und rührte dann die dunkle Lösung bei Raumtemperatur über Nacht. Schließlich entfernte man das Lösungsmittel im Vakuum, nahm den Rückstand in 50 ml Toluol auf, filtrierte und engte das Filtrat im Vakuum auf ca. 1/5 seines Volumens ein. Man vermengte die toluolische Phase mit 70 ml Pentan und filtrierte den gebildeten Niederschlag ab. Anschließend wusch man mehrmals mit Pentan nach, trocknete im Vakuum und erhielt 2,453 g (2,27 mmol) des Komplexes $[C_{16}H_{33}HMe_3]^+ [Ni(Ph)PPh_3(\kappa^2P,OPh_2PC(SO_3^-)=C(-O)(p-MeC_6H_4))]$ in 88% Ausbeute als gelben Feststoff.

Den analogen Natriumkomplex $Na^+ [Ni(Ph)PPh_3(\kappa^2P,OPh_2PC(SO_3^-)=C(-O)(p-MeC_6H_4))]$ erhielt man durch Einsatz des Ylid-Liganden $Na^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)-C(=O)-4-MeC_6H_4]$, hierbei konnte auf ein Erwärmen des Reaktionsgemischs verzichtet werden.

Charakteristische NMR-Daten

60

$[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)C(=O)-4-MeC_6H_4]$

³¹P-NMR (CDCl₃, 200 MHz, extern 85%ige H₃PO₄) δ 16,8 (s)

$Na^+ [Ph_3P=C(SO_3^-)C(=O)-4-MeC_6H_4]$

³¹P-NMR (CDCl₃, 200 MHz, extern 85%ige H₃PO₄) δ 16,7 (s)

65 $[C_{16}H_{33}NMe_3]^+ [Ni(Ph)PPh_3(\kappa^2P,OPh_2PC(SO_3^-)=C(-O)(p-MeC_6H_4))]$

³¹P-NMR (C₆D₆, 200 MHz, extern 85%ige H₃PO₄) δ 38,3 (d, ²J(P,P) = 136,4 Hz), δ 21,0 (d, ²J(P,P) = 136,4 Hz)

$Na^+ [Ni(Ph)PPh_3(\kappa^2P,OPh_2PC(SO_3^-)=C(-O)(p-MeC_6H_4))]$

³¹P-NMR (C₆D₆, 200 MHz, extern 85%ige H₃PO₄) δ 35,4 (d, ²J(P,P) = 138,7 Hz), δ 21,0 (d, ²J(P,P) = 138,8 Hz)

3. Polymerisationsbeispiele

3.1 Allgemeines

Die Polymerisationsversuche wurden in einem Stahlautoklaven (Büchi-Miniclave) durchgeführt, die Temperaturregung erfolgte extern über ein Poly(ethylenglycol)-Heizbad, die Rührgeschwindigkeit (Propellerrührer) betrug 1000 U/min, das Gesamtvolumen an flüssigen Phasen betrug jeweils 100 ml. Bei den Transferoperationen wurde ein Teil des Lösemittelvolumens zum Nachspülen verwandt, die Lösungen/Suspensionen wurden unter Argon hergestellt. Bei Polymerisationen in Gegenwart von Wasser wurde dieses zuvor durch mehrstündige Durchleiten von Argon entgast; gleiches gilt für die verwendeten organischen Lösemittel, sofern sie nicht getrocknet (s. o.) eingesetzt wurden.

3.1.1 Polymerisation mit Na^+ 

Man löste den Komplex (ggf. zusammen mit dem Emulgator, z. B. Triton® X-100 (2 g), Natriumdodecylsulfat (500 mg), Hexadecyltrimethylammoniumtetrafluoroborat (357 mg)) in 95 ml Wasser (bei Versuchen mit 50 ml Aceton gab man 30 ml Aceton zu der wässrigen Komplexlösung) oder 50 ml organischem Lösemittel und rührte 20 min (um einen intensiven Komplex-Wasser-Kontakt vor der Polymerisation zu gewährleisten). Getrennt davon löste man 1/2 Äquivalent Acetylacetonato-bis(ethylen)-rhodium-(I) in 5 bzw. 50 ml des jeweiligen organischen Lösemittels (bei Versuchen mit 50 ml Aceton in 20 ml Aceton). Beide Lösungen wurden anschließend nacheinander (1. Aktivator, 2. Komplex) im Ethylengegenstrom in den mit Ethylen gespülten Autoklaven transferiert. Dann spülte man mehrmals mit Ethylengas, ehe man unter Rühren den gewünschten Ethylendruck aufpresste und den Reaktor temperierte.

Nach erfolgter Reaktion wurde der Autoklav mit einem Eisbad gekühlt, dann der Überdruck abgelassen.

3.1.2 Polymerisation mit $[\text{C}_{16}\text{H}_{33}\text{NMe}_3]^+$ 

Die Lösungen wurden unter Argon hergestellt. Man löste den Katalysator in der Hälfte des Volumens an organischem Lösungsmittel, spritzte zu dieser Lösung gegebenenfalls die entsprechende Menge Wasser und rührte dann 20 min (um einen intensiven Komplex-Wasser-Kontakt vor der Polymerisation zu gewährleisten). Getrennt davon löste man in der anderen Hälfte 1/2 Äquivalent Acetylacetonato-bis(ethylen)-rhodium-(I). Beide Lösungen wurden anschließend nacheinander (1. Aktivator, 2. Komplex) im Ethylen-Gegenstrom in den mit Ethylen gespülten Autoklaven transferiert und anschließend gegebenenfalls das Restvolumen Wasser zugespritzt. Dann spülte man mehrmals mit Ethylengas, ehe man unter Rühren den gewünschten Ethylendruck aufpresste und den Reaktor temperierte.

Die Polymerisationen wurden stets bei einem Druck von 50 bar durchgeführt, die Reaktionsdauer betrug 2 Stunden.

Nach erfolgter Reaktion wurde der Autoklav mit einem Eisbad gekühlt, dann der Überdruck abgelassen.

Die Ergebnisse sind Tabelle 1 zu entnehmen.

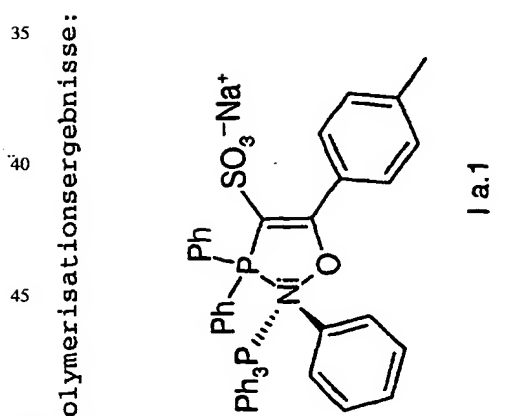
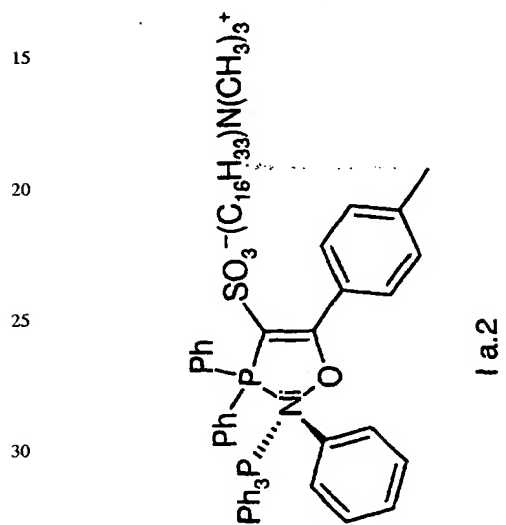
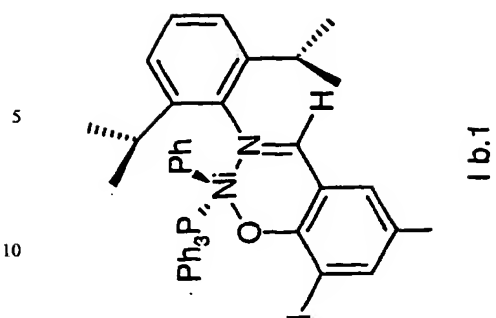
3.2 Aufarbeitung

3.2.1 Aufarbeitung von Ansätzen ohne Emulgatorzusatz

Fester Bestandteile wurden abgesaugt und mit Methanol oder Aceton nachgewaschen, ehe man sie im Vakuumtrockenschrank bei 50°C trocknete. Exemplarisch wurde in einigen Versuchen das Filtrat eingeeengt, um es auf gelöste Produkte zu untersuchen.

3.2.2 Aufarbeitung von Ansätzen mit Emulgatorzusatz

Die erhaltene Emulsion wurde erforderlichenfalls zunächst über ein Papierfilter oder Glaswolle abgesaugt, dann über Glaswolle filtriert. Man bestimmte die Partikeldurchmesser mit einem Zetasizer der Fa. Malvern. Die Emulsion wurde dann in 200 ml Aceton gegossen und nach halbstündigem Rühren der ausgefallene Feststoff abgesaugt. Der so erhaltene Feststoff wurde mit Methanol oder Aceton gewaschen, ehe man ihn im Vakuumtrockenschrank bei 50°C trocknete.



Polymerisationsergebnisse:

55

60

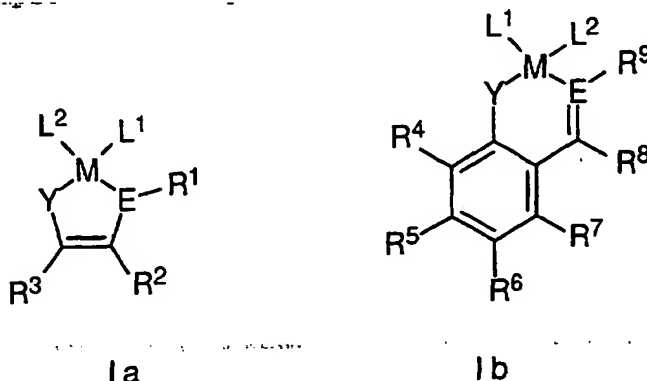
65

Tabelle 1

Bei- spiel	Reaktionsbedingungen					Aktivität				Polymeranalytik		
	Komplex	μmol Komplex	Aktivator	Lösemittel Volumen- verhältnis	Emulgator	Temperatur	Ausbeute Polymer	kg PE/ mol Nieh	TOF/h	M_w	Q	η -Wert
1	Ia.1	89	Rh(acac)et ₂	Toluol/H ₂ O 5:95	-	70	5,9	33,1	1178	3025	3,1	0,12
2	Ia.1	61	Rh(acac)et ₂	Aceton/H ₂ O 50:50	-	70	1,8	14,8	517	n.b.	n.b.	0,30
3	Ia.1	108	Rh(acac)et ₂	Aceton/H ₂ O 5:95	-	70	2,2	10,1	357	2233	2,3	0,14
4	Ia.1	120	-	Aceton/H ₂ O 5:95	1 g Triton X-100	70	1,8	7,5	267	936	1,8	0,08
5	Ia.2	81	Rh(acac)et ₂	Toluol/H ₂ O 5:95	-	50	1,2	0,9	32	n.b.	n.b.	0,54
6	Ib.1	19	Rh(acac)et ₂	n-Pen- tan/H ₂ O 10:90	-	70	1,9	50,0	3488	n.b.	n.b.	n.b.

Erklärung der Abkürzungen: Me: Methyl, Ph = Phenyl, Rh(acac)et₂ = Rh(acac)(CH₂=CH₂)₂, acac: 2,4-Pentadionat; PE: Polyethylen; n.b.: nicht bestimmt; TOF: turnover frequency, Verhältnisse der Lösemittel sind in Vol.-% angegeben.

1. Verfahren zur Emulsionspolymerisation von einem oder mehreren Olefinen durch Umsetzung der Olefine mit einer Komplexverbindung der allgemeinen Formel Ia oder Ib oder einem Gemisch der Komplexverbindungen Ia und Ib,



wobei die Reste wie folgt definiert sind:

M ein Übergangsmetall der Gruppen 7 bis 10 des Periodensystems der Elemente;

L¹ Phosphane (R¹⁶)_xPH_{3-x} oder Amine (R¹⁶)_xNH_{3-x} mit gleichen oder verschiedenen Resten R¹⁶, Ether (R¹⁶)₂O, H₂O, Alkoholen (R¹⁶)OH, Pyridin, Pyridinderivate der Formel C₅H_{5-x}(R¹⁶)_xN, CO, C₁-C₁₂-Alkylnitrile, C₆-C₁₄-Arylnitrile oder ethylenisch ungesättigten Doppelbindungssystemen, wobei x eine ganze Zahl von 0 bis 3 bedeutet, L² Halogenidionen, R_xNH_{3-x}, wobei x eine ganze Zahl von 0 bis 3 bedeutet, und weiterhin C₁-C₆-Alkylanionen, Allylanionen, Benzylanionen oder Arylanionen, wobei L¹ und L² miteinander durch eine oder mehrere kovalente Bindungen verknüpft sein können,

E Stickstoff, Phosphor, Arsen oder Antimon, X -SO₃⁻, -O-PO₃²⁻, NH(R¹⁵)₂⁺, N(R¹⁵)₃⁺ oder -(OCH₂CH₂)_nOH

und

n eine ganze Zahl von 0 bis 15,

Y Sauerstoff, Schwefel, N-R¹⁰ oder P-R¹⁰,

R¹ Wasserstoff, C₁-C₁₂-Alkylgruppen, C₇-C₁₃-Aralkylresten und C₆-C₁₄-Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,

R₂ und R₃ Wasserstoff,

hydrophile Gruppen X,

C₁-C₁₂-Alkyl, wobei die Alkylgruppen verzweigt oder unverzweigt sein können,

C₁-C₁₂-Alkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₇-C₁₃-Aralkyl,

C₃-C₁₂-Cycloalkyl, C₃-C₁₂-Cycloalkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₆-C₁₄-Aryl,

C₆-C₁₄-Aryl, gleich oder verschieden substituiert durch eine oder mehrere C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, ein- oder mehrfach halogenierte C₁-C₁₂-Alkylgruppen, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², Aminogruppen NR¹³R¹⁴ oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₁-C₁₂-Alkoxygruppen,

Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹²,

Halogene

oder Aminogruppen NR¹³R¹⁴,

wobei die Reste R² und R³ miteinander einen gesättigten oder ungesättigten 5- bis 8-gliedrigen Ring bilden können, und wobei

mindestens ein Rest R¹, R² oder R³ eine hydrophile Gruppe X trägt;

R⁴ bis R⁷ Wasserstoff,

hydrophile Gruppen X,

C₁-C₁₂-Alkyl, wobei die Alkylgruppen verzweigt oder unverzweigt sein können, C₁-C₁₂-Alkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₇-C₁₃-Aralkyl,

C₃-C₁₂-Cycloalkyl,

C₃-C₁₂-Cycloalkyl, ein- oder mehrfach gleich oder verschieden substituiert durch C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₆-C₁₄-Aryl,

C₆-C₁₄-Aryl, gleich oder verschieden substituiert durch eine oder mehrere C₁-C₁₂-Alkylgruppen, Halogene, hydrophile Gruppen X, ein- oder mehrfach halogenierte C₁-C₁₂-Alkylgruppen, C₁-C₁₂-Alkoxygruppen, Silyloxygruppen OSiR¹⁰R¹¹R¹², Aminogruppen NR¹³R¹⁴ oder C₁-C₁₂-Thioethergruppen,

C₁-C₁₂-Alkoxygruppen,

- Silyloxygruppen $\text{OSiR}^{10}\text{R}^{11}\text{R}^{12}$,
 Halogene,
 NO_2 -Gruppen
 oder Aminogruppen $\text{NR}^{13}\text{R}^{14}$,
 wobei jeweils zwei benachbarte Reste R^4 bis R^7 miteinander einen gesättigten oder ungesättigten 5-8-gliedrigen Ring bilden können,
 R^8 und R^9 Wasserstoff, C_1 - C_6 -Alkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,
 R^{10} bis R^{15} unabhängig voneinander ausgewählt werden aus Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkylgruppen, die ihrerseits mit $\text{O}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) oder $\text{N}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) $_2$ -Gruppen substituiert sein können, C_3 - C_{12} -Cycloalkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und C_6 - C_{14} -Arylgruppen;
 R^{16} Wasserstoff, C_1 - C_{20} -Alkylgruppen, die ihrerseits mit $\text{O}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) oder $\text{N}(\text{C}_1$ - C_6 -Alkyl) $_2$ -Gruppen substituiert sein können,
 C_3 - C_{12} -Cycloalkylgruppen, C_7 - C_{13} -Aralkylresten und
 C_6 - C_{14} -Arylgruppen, unsubstituiert oder substituiert mit einer hydrophilen Gruppe X,
 in Wasser oder in einem Lösemittelgemisch, das mindestens 50 Vol.-% Wasser enthält, optional in Gegenwart eines Aktivators und eines Emulgators.
2. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß Anspruch 1 mit Komplexverbindungen der allgemeinen Formel Ib, in denen mindestens ein Rest R^4 bis R^9 eine hydrophile Gruppe X trägt.
 3. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß Anspruch 1 und 2 durch Umsetzung des Olefins mit mindestens einer elektrisch neutralen Nickel-Komplexverbindung der allgemeinen Formel Ia oder Ib.
 4. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß den Ansprüchen 1 bis 3, wobei es sich bei dem Aktivator um Olefinkomplexe des Rhodiums oder Nickels handelt.
 5. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß den Ansprüchen 1 bis 4 in Anwesenheit eines Emulgators.
 6. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß den Ansprüchen 1 bis 5, wobei eines der Olefine Ethylen ist.
 7. Verfahren zur Emulsionspolymerisation gemäß den Ansprüchen 1 bis 5, wobei das eine Olefin Ethylen ist und das Comonomer ausgewählt wird aus Propylen, 1-Buten, 1-Hexen oder Styrol.
 8. Dispersionen von Polyethylen oder Ethylencopolymerisaten in Wasser, erhältlich nach den Ansprüchen 1 bis 7.
 9. Verwendung der wässrigen Dispersionen von Polyethylen gemäß Anspruch 8 für Papieranwendungen wie Papierstreicherei oder Oberflächenleimung, Anstrichlacke, Klebstoffe, Formschäume wie beispielsweise Matratzen, Textil- und Lederapplikationen, Teppichrückenbeschichtungen oder pharmazeutischen Anwendungen.
 10. Papierleimungsmittel und Papierstreichfarben, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.
 11. Anstrichlacke, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.
 12. Klebstoffe, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.
 13. Formschäume und Matratzen, hergestellt aus Dispersionen gemäß dem Anspruch 8.
 14. Textil- und Lederapplikationen, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.
 15. Teppichrückenbeschichtungen, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.
 16. Pharmazeutische Zubereitungen, enthaltend Dispersionen gemäß Anspruch 8.

- Leerseite -